ОПЫТЪ

СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

ВОЕННЫМЪ СУДАМЪ,

СОСТАВЛЕННЫЙ

ДЛЯ

КОНДУКТОРСКИХЪ РОТЪ

УЧЕБНАГО МОРСКАГО

РАБОЧАГО ЭКИПАЖА,

КОРАБЕЛЬНЫМЪ ИНЖЕНЕРЪ-ПОДПОРУЧИКОМЪ

ОКУНЕВЫМЪ.

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

Въ Типографіи Департамента Военныхъ Поселеній.

1836.

Печатано съ одобренія Ученаго Комитета Главнаго Морскаго Штаба **ЕГО ИМПЕРАТОРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА.**

ОТДѢЛЕНІЕ I.

ТЕОРІЯ СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

ОТДѢЛЕНІЕ I.

ТЕОРІЯ СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ.

ОТДѢЛЕНІЕ II.

ПРАКТИКА СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ.

ПОСВЯЩАЕТСЯ

ПИТОМЦАМЪ

КОНДУКТОРСКИХЪ РОТЪ

УЧЕБНАГО МОРСКАГО

РАБОЧАГО ЭКИПАЖА.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

На Русскомъ языкѣ, по части Морскаго искуства, книгъ вообще очень мало; — о сочиненіи же корабельныхъ чертежей, не только на Русскомъ, но и на иностранныхъ языкахъ, кажется, нѣтъ ни одной, въ которой бы можно найти полное, удовлетворительное и математически строгое руководство въ искуствѣ столь важномъ.

Во Франціи о сочиненіи чертежей писали Дюгамель, Клербуа и частію Бугеръ. Творенія ихъ заключаютъ въ себѣ много предметовъ, весьма любопытныхъ и достойныхъ вниманія всякаго просвѣщеннаго инженера; но по несовершенству теоріи въ то время, когда они писали, ихъ правила для образованія судовъ, большею частію, основаны на ложныхъ началахъ. — Самые ихъ способы начертанія обводовъ судна, не имѣя математической точности, образуютъ чертежъ, такъ сказать, наугадъ, безъ предварительной увѣренности, что

судно будетъ совмѣщать необходимыя для него качества въ желаемой степени. Отъ того работа, при сочиненіи чертежа, подвергаясь частымъ поправкамъ и передѣлкамъ, становится утомительною и рѣдко успѣшною.

Отдавая полную справедливость ихъ трудамъ, нельзя, однакожъ, не сказать, что они не соотвѣтствуютъ настоящему состоянію науки.

Многіе знаменитые ученые занимались также изслѣдованіемъ законовъ дѣйствія воды на тѣла плавающія. Бугеръ, Эйлеръ, Донъ-Жуанъ и другіе, оставили глубокомысленныя изысканія о различныхъ предметахъ мореплаванія, отличающіяся особеннымъ остроуміемъ и силою анализа; — но всѣ ихъ умствованія и выводы основаны на предположеніяхъ, несогласныхъ съ практикою, и потому не могутъ показать истинныхъ правилъ для образованія поверхности судна, удовлетворяющей условіямъ качествъ.

Роммъ въ этомъ отношеніи занимался съ большимъ успѣхомъ. Замѣчая, что ошибки его предшественниковъ происходятъ отъ того, что они основали свои изысканія на гипотезахъ, чисто

умозрительныхъ и невѣрныхъ, онъ первый сталъ искать истины посредствомъ опытовъ, и вывелъ формулу сопротивленія воды, если не точную, то покрайней мѣрѣ болѣе всѣхъ другихъ близкую къ истинѣ.

Превосходное сочиненіе Ромма: l'Art de la marine, переведено на Русскій языкъ Несторомъ нашимъ, по части морскаго искуства, Адмираломъ А. С. Шишковымъ.

При всѣхъ своихъ достоинствахъ, трудъ Г. Ромма также не можетъ быть вполнѣ удовлетворителенъ, потому, что въ немъ нѣтъ приложенія теоріи къ сочиненію чертежей.

Знаменитый Шведскій корабельный инженеръ Чапманъ, кажется, болѣе и далѣе другихъ постигъ тайну морскаго искуства и понялъ нужды кораблестроенія. Съ отличными познаніями въ теоріи онъ соединялъ глубокія свѣдѣнія практическаго кораблестроенія; и потому-то почти всѣ его предположенія, испытанныя на дѣлѣ, совершенно удовлетворительны и въ практикѣ. Вычисляя чертежи различныхъ судовъ, онъ вывелъ многія эмпирическія формулы, для опредѣленія

элементовъ судна; первый показалъ правила математическаго образованія корабля, и далъ совершенно новое направленіе наукѣ сочинять чертежи.

Въ наше время распространеніе свѣдѣній въ теоріи кораблестроенія становится время отъ времени быстрѣе. Русскіе корабельные инженеры, коихъ совѣтами и наставленіями я имѣлъ честь пользоваться, не уступаютъ въ познаніяхъ иностранцамъ, и многими, весьма важными открытіями могутъ принести большую пользу наукѣ: но, къ сожалѣнію, труды ихъ еще не всѣмъ извѣстны.

Наконецъ многія статьи разныхъ авторовъ о кораблестроеніи разбросаны въ журналахъ и другихъ періодическихъ изданіяхъ, но полнаго и систематическаго изложенія о сочиненіи чертежей,— которое бы, соединяя теорію и практику этого искусства, могло назваться учебною книгою, — до сихъ поръ издано не было.

Получивъ воспитаніе въ Учебномъ Морскомъ Рабочемъ Экипажѣ, и удостоясь, по выпускѣ, званія репетитора и преподавателя Корабельной

Архитектуры, я старался оправдать столь лестное для меня назначение, пріобрѣталъ и собиралъ свѣдѣнія по моему предмету вездѣ, гдѣ только могъ. Привелъ все это въ систему и составилъ для себя руководство въ преподаваніи, подъ заглавіемъ: *Опытъ Сочиненія Чертежей.* Начальству угодно было передать мой трудъ на судъ опытныхъ и свѣдущихъ въ морскомъ дѣлѣ людей, отъ которыхъ онъ и получилъ полное одобреніе.

Въ изложеніи я старался слѣдовать естественному порядку. Первое отдѣленіе содержитъ теорію сочиненія чертежей, или теорію образованія кораблей. Во второмъ отдѣленіи излагаются самыя правила сочиненія чертежей судовъ четырехъ родовъ: *линейныхъ, корсеровъ, коммерческихъ и пароходовъ.* Въ нихъ заключаются всѣ главные роды мореходныхъ судовъ. Военныя — отъ катера до 3-хъ-дечнаго корабля; купеческія — отъ плоскодоннаго лихтера до большаго Остъ-индскаго корабля.

Назначая эту книгу для учащихся, я хотѣлъ сдѣлать ее по возможности ясною, чуждою вся-

кихъ гипотезъ невѣрныхъ, неподтвержденныхъ на дѣлѣ. Изъ множества различныхъ мнѣній объ одномъ и томъ же предметѣ, весьма часто противныхъ, я старался избирать вѣроятнѣйшія и излагать только то, что прямо относится къ главной цѣли, оставляя излишнія подробности, которыя скорѣе могутъ затмить учащагося. Короче, я желалъ показать предметъ въ настоящемъ его видѣ, — но незнаю успѣлъ ли?

Въ заключеніе должно сказать, что я не представляю здѣсь никакихъ особенныхъ открытій и нововведеній (которыя впрочемъ несовмѣстны съ учебною книгою, если не оправданы опытомъ); не смѣю также думать, чтобы большая часть того, что содержится въ моей книгѣ, было неизвѣстно просвѣщеннымъ корабельнымъ инженерамъ; но могу сказать, что въ ней заключается все лучшее, найденное мною въ иностранныхъ сочиненіяхъ, равно какъ и то, до чего я могъ дойти собственными изысканіями и наставленіями другихъ. Чувствую, сколь несовершененъ трудъ мой: но это мой трудъ первый, въ предметѣ почти необработанномъ; издавая его, я имѣлъ въ виду

пользу и потребность учащихся, а потому, за недостаткомъ лучшаго, рѣшился дать имъ это руководство къ сочиненію чертежей; — и почту для себя лестною наградою, если оно принесетъ ту пользу, которой достигнуть было мое намѣреніе.

Источники, коими я руководствовался при изложеніи:

Морское искуство Ромма; перев. съ Франц. Адмиралъ А. С. Шишковъ.

Высшая теорія Морскаго искуства; соч. Гамалея.

Elemens de l'Architecture navale, par Duhamel du Monceau.

Applications de Geometrie et de Mechanique, par Dupin.

Traité de la constructions des vaisseaux, par Chapman.

Изъ періодическихъ сочиненій:

Записки Ученаго Комитета Главнаго Морскаго Штаба ЕГО ИМПЕРАТОРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА.

Philosophical transactions. 1796 и 1798.

Papers on naval Architecture.

Edinburgh Encyclopeadia.

Кромѣ того почитаю долгомъ засвидѣтельствовать совершенную мою признательность, Корпуса Корабельныхъ Инженеровъ Полковнику Попову и Капитану Бурачку, за ихъ наставленія и совѣты, которыми я руководствовался.

М. Окуневъ.

ОПЫТЪ
СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ
ВОЕННЫМЪ СУДАМЪ.

ОТДѢЛЕНІЕ I.

ТЕОРІЯ СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЯ ПОНЯТІЯ.

§ I. Первое назначеніе или цѣль, съ которою строютъ мореходныя суда, есть та, чтобъ они могли *удобно* и *безопасно* плавать въ морѣ во всякое время.

Принимая въ разсужденіе состояніе судна на тихой и взволнованной водѣ, понуждаемаго дѣйствіемъ вѣтра, видѣть можно, что главнѣйшій источникъ, отъ коего зависитъ безопасность и удобность плаванія, заключается въ самомъ образованіи или фигурѣ наружной поверхности.— Вѣтръ приводитъ въ движеніе судно;— вода этому движенію препятствуетъ и раждаетъ силы, стремящіяся разрушить составъ его.— Всегда препятствія, представ-

ляемыя водою, зависятъ главнѣйше отъ образованія поверхности.

Изъ безчисленнаго множества образованій, какія можно придать мореходному судну, необходимо должно быть одно, самое выгоднѣйшее, при которомъ оно будетъ совершенно удовлетворять цѣли своего построенія. Изысканіе такого образованія всегда было однимъ изъ существенныхъ вопросовъ въ наукѣ Кораблестроенія, къ рѣшенію котораго обращались труды многихъ ученыхъ въ различныхъ государствахъ. Однакожъ, не смотря на распространеніе свѣдѣній по части физико-математическихъ наукъ, такъ быстро подвинувшихъ къ совершенству прочія прикладныя науки,— Кораблестроеніе и Кораблеправленіе до настоящаго времени не имѣетъ вѣрныхъ и положительныхъ началъ, которыя бы могли рѣшить всѣ вопросы, встрѣчающіеся при изслѣдованіи различныхъ положеній судна въ морѣ.

Опытъ и нужды мореплавателей могли открыть только условія, которымъ должно подчинить образованіе судна, дабы оно было наивыгоднѣйшее. Отъ соблюденія этихъ условій происходятъ *мореходныя качества;* существованіе ихъ, или недостатокъ, составляетъ годность или неспособность судна для своего назначенія.

§ 2. Предметомъ нашего изложенія будетъ изслѣдованіе способовъ удовлетворять условіямъ, необходимымъ для удобнаго и безопаснаго плаванія судна.

Такихъ условій восемь:

I.) Чтобъ судно, назначенное для какого либо плаванія, вмѣщало все, что нужно для удобности и безопасности плаванія, — это качество судна называютъ *Вмѣстительность.*

II.) Чтобъ судно сохраняло на водѣ прямое положеніе и имѣло способность само собою возстановляться, если какая либо посторонняя сила накренитъ его, — эта способность судна приходить въ прямое положеніе называется *Остойчивость.*

III.) Чтобъ судно отъ дѣйствія движущей силы получало самую большую скорость.

IV.) Чтобъ судно двигалось по направленію своего киля, или покрайней мѣрѣ по направленію, составляющему съ килемъ сколь можно меньшій уголъ.

V.) Чтобъ судно во время движенія постоянно держалось того курса, по которому его правятъ, а не ворочалось поперемѣнно въ обѣ стороны.

VI.) Чтобъ судно во всякое время поворачивалось легко и скоро,— это качество называютъ поворотливость.

VII.) Чтобы судно на морѣ взволнованномъ качалось плавно и легко безъ значительныхъ потрясеній, которыя, стараясь разрушить составъ судна, много вредятъ его качествамъ.

VIII.) Наконецъ каждое судно должно имѣть крѣпость или силу, способную выносить дѣйствія разрушающихъ силъ въ морѣ.

Соблюдая таковыя условія, можно сдѣлать судно, если несовершенное, то покрайней мѣрѣ въ высшей степени удовлетворяющее своему назначенію.

§ 3. Всѣ хорошія качества, равно и противуположные имъ недостатки зависятъ болѣе отъ дѣйствія воды на погруженную поверхность судна. — Чтобы имѣть понятіе объ образованіи этой поверхности, предполагаютъ, что она разсѣчена плоскостями въ различныхъ положеніяхъ; — видъ кривыхъ линій, произшедшихъ отъ такого разсѣченія, покажетъ образованіе самой поверхности.

Главныхъ сѣченій три рода: горизонтальныя, вертикально-поперечныя и вертикально-продольныя или *ватерлиніи*, *шпангоуты* и *батоксы*. Опредѣлить видъ этихъ кривыхъ линій, относительную ихъ величину, и наконецъ показать способъ вычертить ихъ сообразно съ данными условіями, будетъ составлять главный предметъ нашихъ изслѣдованій.

ГЛАВА I.

О водоизмѣщеніи.

§ 4. Каждое мореходное судно должно быть такъ построено, чтобы могло вмѣщать всѣ вещи, потребныя для удобности плаванія и для безопасности плавателей,—это условіе необходимо всѣмъ судамъ вообще, но военное судно, помѣщая весь свой грузъ, кромѣ того, должно углубляться такъ, чтобы орудіями нижней его батареи можно было съ удобностію дѣйствовать во всякое время,—этимъ условіемъ опредѣляется положеніе его грузовой ватерлиніи и степень углубленія.

Судно дѣйствіемъ своей тяжести понуждается къ низу и принимаетъ углубленіе, которое увеличивается или уменьшается, смотря по вѣсу, величинѣ его и по образу подводной части. При томъ же образованіи и величинѣ судна, углубленіе его будетъ увеличиваться вмѣстѣ съ вѣсомъ. И такъ, дабы построенное судно, вмѣщая въ себѣ всѣ необходимыя для плаванія потребности, дѣйствительно углубилось по данную ватерлинію, нужно, при сочиненіи чертежа, принять въ соображеніе два обстоятельства: 1) чтобы доставить судну вмѣстительность, потребную для помѣщенія даннаго груза; и 2) чтобы при этой вмѣстительности оно получило данную глубину.

§ 5. Полагая, что величина трехъ главныхъ размѣреній постоянна, видимъ, что вмѣстительность будетъ увеличиваться или уменьшаться по мѣрѣ увеличенія или уменьшенія полноты главныхъ сѣченій, и сдѣлается наибольшею, когда ватерлиніи, шпангоуты и батоксы будутъ имѣть видъ прямоугольниковъ, или когда судно обратится въ паралелепипедъ, составленный изъ трехъ главныхъ размѣреній. Слѣдовательно вмѣстительность не требуетъ особеннаго образованія поверхности судна, кромѣ большей или меньшей полноты сѣченій, удовлетворяющей данному объему.

§ 6. Изъ законовъ Гидростатики извѣстно, что вѣсъ тѣла равенъ вѣсу выдавленной судномъ воды. Этотъ законъ даетъ намъ средство удостовѣриться, будетъ ли построенное по чертежу судно углубляться по данную грузовую ватерлинію:— если извѣстенъ вѣсъ судна, стоитъ только найти вѣсъ выдавленной воды, или *водоизмѣщеніе*, при углубленіи по грузовую ватерлинію. Для этого нужно вычислить вмѣстительность подводной части по данную ватерлинію и умножить ее на удѣльный вѣсъ воды; если происшедшій выводъ равенъ вѣсу судна, то построенное судно дѣйствительно будетъ имѣть данную глубину. Все это можно сдѣ-

лать только тогда, когда образованіе подводной части уже извѣстно.

Но когда сочиняемъ чертежъ судну, остается одно средство для найденія вмѣстительности, удовлетворяющей условіямъ заданія: опредѣлить вѣсъ судна съ оснасткою, артиллеріею и всемъ, что относится къ полному его укомплектованію.

Предметы, составляющіе военное судно, вполнѣ укомплектованное и готовое ко вступленію въ море, суть слѣдующіе:

1) Кузовъ судна.

2.) Гребныя суда съ ихъ принадлежностями.

3.) Рангоутъ съ оснасткою и парусами.

4.) Якори съ принадлежностями.

5.) Экипажъ съ богажемъ.

6.) Провизія и дрова.

7.) Вода съ посудой.

8.) Артиллерія съ шести-мѣсячнымъ запасомъ огнестрѣльнаго снаряда.

9.) Баласть.

Пусть К представляетъ вѣсъ порожняго кузова въ пудахъ.

Вѣсъ гребныхъ судовъ, рангоута, оснастки съ парусами и якорей имѣетъ какое-либо отношеніе къ вѣсу порожняго корпуса, означимъ это отношеніе чрезъ с.

cK—представитъ вѣсъ гребныхъ судовъ, рангоута, оснастки, парусовъ и проч.

Вѣсъ одного человѣка безъ богажа, по положенію Г. Чапмана, 3,77 пуда, а съ богажемъ 6,12 пудовъ.

Провизіи и дровъ полагается 5,2 пудовъ на мѣсяцъ одному человѣку.

Воды съ посудой полагается 5,8 пудовъ на мѣсяцъ одному человѣку.

Пусть A представляетъ вѣсъ артиллеріи въ пудахъ, Q—вѣсъ *баласта*, D—*водоизмѣщеніе* или вѣсъ судна вполнѣ укомплектованнаго; P—вѣсъ корабельнаго груза, съ оснасткою, парусами и артиллеріею,— будетъ:

$$D = P + K.$$

Означивъ чрезъ m отношеніе вѣса порожняго корпуса къ *водоизмѣщенію* D, *имѣемъ:*

$$K = mD \text{ или } D = \frac{K}{m}.$$

Вставляя эту величину вмѣсто D, имѣемъ:

$$\frac{K}{m} = P + K, \text{ откуда } P = \frac{1}{m}(1 - m)K;$$

но также $P = A + Q + cK + (6,1 + 5,2e + 5,8f)M$, гдѣ f, e изображаютъ число мѣсяцовъ, на которые отпускается провизія и вода, M—число людей.

Сравнивая послѣднія уравненія, получимъ:

$$\frac{1}{m}(1-m)K=cK+(6,1+5,2e+5,8f(M+A+Q;$$

откуда

$$K=\frac{m}{1-(1+c)m}\left[(6,1+5,2e+5,8f,M+A+Q\right]$$

$$D=\frac{K}{m}=\frac{1}{1-(1+c)m}\left[(6,1+5,2e+5,8f)M+A+Q\right]$$

Вотъ формула, по которой опредѣлится вѣсъ всякаго военнаго судна. Входящія величины: m, c, M, A, Q, будутъ опредѣлены въ послѣдствіи для всѣхъ родовъ судовъ.

§ 7. Найдя вѣсъ судна, надлежитъ удостовѣриться будетъ ли оно погружаться по данную грузовую ватерлинію. Для этого нужно найти водоизмѣщеніе или количество выдавленной судномъ воды, которое равно вмѣстительности подводной части.

Пусть D представляетъ вмѣстительность подводной части судна; A, B, C и проч.— площади вертикальныхъ сѣченій, находящихся одинъ отъ другаго въ разстояніи m. — Отъ величины площадей сѣченій будетъ зависѣть вмѣстительность D; эту зависимость можно представить такъ:

D=F (A, B, C и проч. . . . m), ... (1);

гдѣ F представляетъ способъ изчисленія, посредствомъ коего величины A, B, C и . . . . m должны быть соединены для найденія D.

Положимъ, что количества a, b, c и проч. заключаютъ въ себѣ столько линейныхъ единицъ, сколько квадратныхъ единицъ заключается въ площадяхъ A, B, C и проч., и что

$$D = F(a, b, c \text{ и проч.} \ldots\ldots) \ldots\ldots\ldots (2).$$

Выраженія (1), (2) состоятъ изъ одинаковыхъ числомъ количествъ, сопряженныхъ между собою тѣмъ же способомъ изчисленія; слѣдовательно выводы ихъ D и D, также выразятся одинаковымъ числомъ. Разность только въ томъ, что D представитъ нѣкоторое число кубическихъ мѣръ, а D то же число мѣръ квадратныхъ. Но количество D представляетъ площадь кривой линіи, коей ординаты a, b, c .... находятся въ равномъ между собою разстояніи m, и потому *вмѣстительность подводной части судна можетъ быть представлена площадью кривой линіи, имѣющей такое свойство, что каждая ея ордината содержитъ въ себѣ столько простыхъ мѣръ, сколько соотвѣтствующее этой ординатѣ сѣченіе судна заключаетъ въ себѣ мѣръ квадратныхъ.* — Такая линія называется *линіею сѣченій.*

Ординаты линіи сѣченій могутъ показывать площади сѣченій вертикальныхъ, или горизонтальныхъ. Въ первомъ случаѣ та ли-

нія называется *линія вертикальныхъ сѣченій*, а во второмъ — *линія горизонтальныхъ сѣченій*. Ординаты первой представляютъ площади шпангоутовъ, а послѣдней — площади ватерлиній.

Итакъ если найдемъ зависимость площади линіи сѣченій отъ величины ординатъ, или площадей сѣченій, то можно будетъ опредѣлить и самую вмѣстительность судна.

§ 8. Изъ интегральнаго изчисленія извѣстно, что площадь всякой кривой линіи

$$S = \int y dx.$$

Чтобъ найти величину этого интеграла, нужно знать связь между количествами x, y. Въ правильныхъ кривыхъ линіяхъ эта связь для каждой точки постоянна, и потому площадь ихъ легко опредѣлить можно.— Положимъ, что предложенная кривая линія имѣетъ видъ параболы n степени. Общее уравненіе всѣхъ парабол

$$Y^{r+s} = Q^{r} X^{s}$$

извлекаю изъ него корень s степени, будетъ:

$y^{\frac{r+s}{s}} = q^{\frac{r}{s}} x$, положивъ $\frac{r+s}{s} = n$, $q^{\frac{r}{s}} = p$,

будетъ простѣйшее уравненіе параболы:

$$y^n = px;$$

изъ этаго уравненія $y = p^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}}$ и $\frac{1}{n}$; отъ чего

$$S = \int y dx = \int p^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}} dx = \frac{n}{n+1} p^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}+1}$$

$$S = \frac{n}{n+1} p^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}} x = \frac{n}{n+1} xy$$

Вотъ общее выраженіе площади параболы, коей наибольшія ординаты x, y и указатель n.

§ 9. Въ кривыхъ линіяхъ неправильныхъ, или тѣхъ, которыхъ уравненіе неизвѣстно, положеніе точекъ не подчиняется одному закону.

Пусть $F(x) = y$ представляетъ уравненіе такой кривой линіи, въ которой отношеніе между x и y извѣстно только для нѣкоторыхъ точекъ. Положимъ, что отъ постановленія въ уравненіи $F(x) = y$, вмѣсто x величинъ $x = o$, m, $2m$ и проч., произойдетъ $y = a$, b, c и проч.

Черт. 1. Чтобы найти площадь кривой BK, отнесенной къ двумъ взаимно перпендикулярнымъ осямъ AX и AY, посредствомъ абцисъ $AC = m$, $AE = 2m$ и т. д., и ординатъ $AB = a$, $CD = b$, $EF = c$ и т. д. Примемъ, во-первыхъ, части кривой между каждыми двумя смѣжными ординатами за прямыя линіи.

Общее уравненіе прямой линіи:

$$y = px + q$$

Прямая BD проходитъ чрезъ точки B и D, слѣдовательно координаты этихъ точекъ должны удовлетворять тому уравненію, отъ чего будетъ:

$$a=q,\ b=pm+q,\ \text{и}\ q=a,\ p=\frac{b-a}{m};$$

а потому $y=\frac{b-a}{m}x+a$, представитъ уравненіе прямой BD.

Вставляя эту величину y въ общее выраженіе площади, имѣемъ:

$$S=\int ydx=\frac{b-a}{m}\int xdx+a\int dx$$

$$=\frac{b-a}{m}\cdot\frac{x^2}{2}+ax$$

полагая $x=m$, будетъ площ. ACDB$=m(\frac{1}{2}a+\frac{1}{2}b)$. Подобнымъ образомъ найдется:

площ. DCEF $=m\ (\frac{1}{2}b+\frac{1}{2}c)$, площ. FEGH $=m\ (\frac{1}{2}c+\frac{1}{2}d)$, а потому площ. ABGH$=m\ (\frac{1}{2}a+b+c+\frac{1}{2}d)$, и вообще площадь всякой кривой линіи:

$$S=\int ydx=m\ (\tfrac{1}{2}a+b+c+d+\ldots\ldots+\tfrac{1}{2}h),$$

гдѣ h представляетъ послѣднюю ординату. Положивъ $a+h=P$, $b+c+d+\ldots=T$, будетъ:

$$S=m\left[\frac{P}{2}+T\right],$$

т. е. *для найденія площади кривой линіи, должно взять полусумму крайнихъ ординатъ,*

сложить съ суммою среднихъ и произшедшій сыводъ умножить на разстояніе между ординатами.

§ 10. Сысканное выраженіе площади кривой линіи весьма просто, но показываетъ только приближенную величину площади; и погрѣшность будетъ увеличиваться съ увеличеніемъ разстоянія между ординатами m. Чтобы имѣть способъ болѣе точный, предположимъ, что части кривой, заключенныя между каждыми тремя ординатами AB, CD, EF, суть параболы 2-й степени.

Черт. 1.

Общее уравненіе всѣхъ коническихъ сѣченій есть $A + Bx + Cx^2 + Dy + Exy + Fy^2 = o$, оно тогда принадлежитъ параболѣ, когда $E^2 = 4DF$, почему общее уравненіе параболы второй степени будетъ:

$$y = A + Bx + Cx^2 \ldots\ldots (a).$$

Въ этомъ уравненіи нужно сыскать величины предстоящихъ A, B, C въ зависимости отъ ординатъ a, b, c. Координаты точекъ B, D, F должны удовлетворять уравненію (a), отъ чего произойдетъ:

$$1)\ a = A,\ 2)\ b = A + Bm + Cm^2;$$
$$3)\ c = A + 2Bm + 4Cm^2$$

откуда $A = a$, $B = \frac{4b - 3a - c}{2m}$, $C = \frac{a - 2b + C}{2m^2}$

Вставя эти величины въ уравненіе (a), получимъ:

$$y=a+\frac{4b-3a-c}{2m}x+\frac{a-2b+c}{2m^2}x^2$$

Уравненіе параболы BDF.

Вставляя эту величину y въ общее выраженіе площади, имѣемъ:

$$S=\int ydx=ax+\frac{4b-3a-c}{4m}x^2+\frac{a-2b+c}{2m^2}x^3$$

полагая $x=2m$

площ. $BE=2am+(4b-3a-c)m+\frac{4}{3}(a-2b+c)m$

площ. $BE=\frac{1}{3}m(a+4b+c)=s$

Означая площади кривой, заключенныя между другими ординатами чрезъ s', s'', s''' и т. д. подобнымъ образомъ, найдется:

$$s'=\tfrac{1}{3}m(c+4d+e),\ s''=\tfrac{1}{3}m(e+4f+g),$$
$$s'''=\tfrac{1}{3}m(g+4h+k)$$

и выраженіе площади всей кривой линіи BK будетъ:

$$\int ydx=s+s'+s''+s'''+\ldots=$$
$$\tfrac{1}{3}m\ (a+4b+2c+4d+2e+4f+\ldots k),$$

или положивъ сумму крайнихъ ординатъ $a+k=P$, сумму четныхъ ординатъ $b+d+f+h=Q$, сумму нечетныхъ ординатъ $c+e+g=R$, имѣемъ:

$$\int ydx=\tfrac{1}{3}m(P+4Q+2R)$$

Отсюда происходитъ другое правило для найденія площади кривой линіи по обмѣру равно отстоящихъ ординатъ: *Должно къ суммѣ*

крайнихъ ординатъ придать четырекратную сумму четныхъ ординатъ и двукратную сумму нечетныхъ, произшедшій выводъ умножить на одну треть разстоянія между ординатами.

§ 11. Найдя по вышеописаннымъ правиламъ площадь линіи сѣченій, будемъ имѣть вмѣстительность подводной части судна, т. е. означивъ чрезъ W площадь грузовой ватерлиніи, A — площадь вторoй ватерлиніи, B — третьей, C — четвертой и т. д., K — площ. верхней грани киля, r — разстояніе между ватерлиніями, будемъ имѣть:

$$D = r\left(\tfrac{1}{2} W + A + B + C + \ldots\ldots + \tfrac{1}{2} K\right),$$

или $D = \tfrac{1}{3} r\,(W + 4A + 2B + 4C + \ldots\ldots + K)$, то есть, *чтобы сыскать вмѣстительность подводной части судна, должно раздѣлить ее плоскостями ватерлиній, такъ, чтобъ часть судна между каждыми смѣжными ватерлиніями можно безъ большой погрѣшности принять за усѣченную пирамиду; потомъ къ полусуммѣ площадей грузовой ватерлиніи и верхней грани киля придать сумму промежуточныхъ ватерлиній и произшедшій выводъ умножить на разстояніе между ватерлиніями,* или *къ суммѣ площадей грузовой ватерлиніи и верхней грани киля придать четырекратную сумму четныхъ ватерлиній и двукратную нечетныхъ, произ-*

шедшій выводъ умножить на одну треть разстоянія между ватерлиніями.

По вышеизложеннымъ способамъ получается только вмѣстительность судна, заключенная въ обводѣ сѣченій; но чтобы получить цѣлую вмѣстительность, должно къ первой придать вмѣстительность киля и подводной части штевней.

§ 12. Когда вмѣстительность подводной части судна извѣстна, то умноживъ ее на удѣльный вѣсъ воды (*), получимъ водоизмѣщеніе или вѣсъ выдавленной судномъ воды, при углубленіи его по грузовую ватерлинію. Если этотъ вѣсъ менѣе вѣса судна, то при томъ же образованіи подводной части должно увеличить глубину, или, не измѣняя глубины, увеличить вмѣстительность подводной части судна. Такимъ образомъ можно дать такую величину подводной части, что судно, помѣщая все необходимое для плаванія, углубится по данную грузовую ватерлинію: что̀ составляетъ существенную необходимость всякаго военнаго судна.

§ 12. Въ этомъ изслѣдованіи предполагалось, что корабль и вода въ покоѣ, или, что тоже, оба движутся въ одну сторону съ рав-

(*) Удѣльный вѣсъ куб. фута морской воды = 72 ф. 1,8 п. рѣчной воды = 69 фунтовъ = 1,7 пуд.

ною скоростію. Но когда корабль стоитъ, а вода течетъ, или вода стоитъ, а плыветъ корабль, или, наконецъ, оба движутся съ разною скоростію или въ разныя стороны, тогда углубленіе будетъ увеличиваться пропорціонально скорости движенія воды или корабля.

Для доказательства разности въ углубленіяхъ въ послѣднемъ случаѣ противъ перваго, приведемъ здѣсь наблюденіе, сдѣланное Г. Роммомъ:

Фрегатъ, ошвартовленный бокомъ на рѣкѣ Шарента, при самой большей быстротѣ теченія, углублялся на два дюйма болѣе, нежели при слабомъ.—Причина этому весьма очевидна: плавающее судно поддерживается вертикальнымъ давленіемъ воды, а это давленіе уменьшается по мѣрѣ увеличенія скорости теченія воды. И такъ при томъ же вѣсѣ вертикальное давленіе уменьшается, слѣдовательно углубленіе судна должно увеличиваться.

Равнымъ образомъ ясно и то, что съ увеличеніемъ скорости судна, углубленіе его должно возрастать; ибо и тогда давленіе воды, какъ зависящее отъ скорости тѣла, будетъ уменьшаться при постоянной величинѣ вѣса послѣдняго. Это также подтверждается опытами. Бывали примѣры, когда ходкое судно, имѣющее значительную скорость, отъ силь-

наго порыва вѣтра на паруса, внезапно погружалось въ воду (зарывалось). Отсюда видно, какъ опасно имѣть нижніе борты близко къ водѣ на военномъ суднѣ, а на купеческомъ, при нагрузкѣ, оставлять слишкомъ низкую надводную часть.

§ 13. Еще замѣтить должно, что судно въ рѣчной водѣ углубляется болѣе, нежели въ морской. Разность въ углубленіи видно изъ слѣдующей таблицы.

ТАБЛИЦА № 1.

Ранги судовъ.	Разность въ углубленіяхъ.	Вѣсъ отсѣка между грузовыми ватерлиніями.	Вѣсъ, который нужно взять изъ судна, дабы оно въ прѣсной водѣ поднялось на 1 дюймъ.
120	дюйм. $5\frac{7}{8}$, 5,84	пуд. 8566,72	1483 пуд.
74	$5\frac{1}{8}$, 5,12	5650,12	1103,54
46	$3\frac{5}{8}$, 3,60	2723,23	756,455
28	$3\frac{1}{4}$, 3,25	1484,268	459,775
18	$2\frac{3}{4}$, 2,75	960,56	349,295
10	$2\frac{1}{8}$, 2,12	568,796	268,3
катеръ	$1\frac{3}{4}$, 1,75	308,334	176,191

*

ГЛАВА II.

О исчисленіи груза.

§ 14. *Вполнѣ нагруженный и вооруженный* корабль долженъ углубляться по грузовую ватерлинію, а порожній — менѣе. Та линія, по которую онъ погружается въ послѣднемъ случаѣ, называется *Спусковая ватерлинія.*

Если въ порожній корабль положимъ весь его грузъ, то онъ углубится по грузовую ватерлинію, такъ, что отсѣкъ между спусковою и грузовою ватерлиніями погрузится въ воду. Вѣсъ этого отсѣка, равный разности въ вѣсѣ вполнѣ вооруженнаго корабля предъ порожнимъ, представитъ вѣсъ того груза, который въ корабль положить должно, *дабы онъ углубился до грузовой ватерлиніи.* Чтобы вычислить вѣсъ послѣдняго отсѣка, нужно найти его вмѣстительность и умножить ее на удѣльный вѣсъ воды.

Положимъ, что грузовая и спусковая ватерлиніи параллельны; раздѣлимъ разстояніе между ними на сколько нибудь равныхъ частей r, и чрезъ точки дѣленія проведемъ ватерлиніи. Тогда вѣсъ отсѣка найдется по формулѣ:

$R = k.r\left(\frac{1}{2}W + A + B + \frac{1}{2}S\right)$, гдѣ k представляетъ удѣльный вѣсъ воды, W — площадь грузовой, S — площадь спусковой ватерлиніи.

Когда разстояніе между данною и грузовою ватерлиніями не болѣе 4-хъ футъ, или не болѣе $\frac{1}{6}$ части глубины, то часть судна между этими ватерлиніями можно безъ большой погрѣшности принять за усѣченную пирамиду. И потому вѣсъ новаго отсѣка будетъ:

$$R = k.r\left(\tfrac{1}{2}W + \tfrac{1}{2}C\right) \text{ или } R = krN,$$

гдѣ N представляетъ площадь средней геометрической пропорціональной между W и C.

Наконецъ, если ватерлиніи W и N такъ близки между собою, что въ величинѣ своей не имѣютъ чувствительной разности, тогда грузъ можно найти по формулѣ:

$$R = krW, \text{ откуда } r = \frac{R}{kW}$$

Здѣсь количества k и W извѣстны, слѣдовательно, задавъ одно изъ количествъ R и r, другое тотчасъ опредѣлится.

Помощію послѣднихъ формулъ можно рѣшать вопросы двоякаго рода: 1) находить, на сколько судно погрузится, отъ положенія въ него даннаго груза; и 2) сколько потребно груза для углубленія судна на данное разстояніе.

Пояснимъ это примѣрами.

Примѣръ 1. На 84 пуш. кораблѣ, вооруженномъ короткою артиллеріею, нужно поставить на гондекѣ пушки 36 фун. длинныя, а на опердекѣ 36 фунт. короткія; требует-

ся знать, *на сколько долженъ судкорабль углубиться* отъ такого перемѣщенія.

Площадь грузовой ватерлиніи 84 пуш. корабля можно положить 9500 квад. футовъ.

	счет.	ф. кор.	вѣсъ.
на гондекѣ пушекъ . .	32	36	5568 пуд.
		ф. кор.	
на опердекѣ	32	24	3840 —
		сумма	9408 пуд.

нужно сдѣлать:

		дл.	
на гондекѣ	32	36	6804 пуд.
		кор.	
на опердекѣ	32	36	5568 —
			11872
огнестрѣльный снарядъ на опердекъ			1248
		сумма	13120
вѣсъ короткой артиллеріи . . .			9408
		разность=	3712 пуд.

И такъ вѣсъ, который въ корабль положить должно, равенъ 3712 пуд. $= R$.

$$r = \frac{R}{kW} = \frac{3712}{1,8W} = \frac{3712}{1,8.9500} = 0,21 \text{ фунт.} = 2,5 \text{ дюйм.}$$

количество, на которое 84 пуш. корабль углубится отъ помѣщенія на немъ длинной артиллеріи.

Примѣръ 2. Въ 110 пуш. кораблѣ нижніе порты должны отстоять отъ воды на 5-ть футовъ, а въ полномъ вооруженіи оказалось, что это разстояніе только $4\frac{1}{2}$ фута; спрашивается, сколько груза должно вынуть изъ корабля, дабы онъ поднялся на $\frac{1}{2}$ фута.

Въ 110 пуш. кораблѣ W=11000, будетъ искомый грузъ R=1,8.0,5.11000=kr.W=9900 пудовъ.

§ 15. Подобные вопросы гораздо скорѣе можно рѣшать помощію *грузоваго размѣра.*

Проведемъ двѣ взаимно перпендикулярныя прямыя линіи AB и AC. На AB начертимъ какой-либо десятичный размѣръ, начавъ дѣленія 1, 2, 3.... отъ точки A, такъ, чтобы цѣлая прямая AB заключала въ себѣ число единицъ, равное числу тонновъ водоизмѣщенія: это будетъ *размѣръ тонновъ.* Черт. 2.

Отъ точки A по прямой AC положу столько футъ, сколько ихъ содержится въ углубленіи судна по грузовую ватерлинію, считая отъ нижней грани киля.—Это будетъ *размѣръ углубленій.*

Вычисливъ водоизмѣщеніе отсѣковъ судна, заключенныхъ между ватерлиніями, положимъ прямую AB, содержащую въ себѣ число тонновъ, равное водоизмѣщенію судна по самую нижнюю ватерлинію. Отъ точки A по AC положимъ AC, равную отстоянію нижней ва-

терлинія отъ нижней грани киля; изъ точекъ B, C возставимъ перпендикуляры, встрѣчающіеся въ точкѣ D.

Потомъ положивъ прямую Ab, числомъ тонновъ равную водоизмѣщенію отсѣка между нижнею второю отъ киля ватерлиніею; bc = отсѣку между второю и третьею, и т. д., положимъ прямыя Af, fg, gh и пр., равныя разстоянію между ватерлиніями. Изъ точекъ b, c, d, e; и f, g, h, k возставимъ перпендикуляры; чрезъ точки ихъ встрѣчи должна проходить согласная кривая линія A E F G H D.— Такимъ образомъ составится *грузовой размѣръ*.

Употребленіе грузоваго размѣра весьма просто. Наприм. положимъ, что глубина судна равна Ah; требуется знать, сколько нужно положить въ судно груза, чтобы глубина его была AM.

Для этого чрезъ точку M проведу MO, параллельную AB; изъ точки O, встрѣчи этой прямой съ кривою линіею AEFGHD, опущу на AB перпендикуляръ NO; разстояніе Nd покажетъ число тонновъ груза, который въ судно положить должно, дабы глубина его была AM.

Также, пусть корабль углубленъ по грузовую ватерлинію; глубина его = AC; требует-

ся знать, сколько груза нужно изъ него вынуть, дабы онъ поднялся изъ воды на одинъ футъ. Для этого отъ точки C, въ низъ, положу CP=1-му футу; чрезъ P проведу PQ; изъ точки Q на AB опущу перпендикуляръ QR, разстояніе RB покажетъ число тонновъ груза, которымъ должно облегчить судно, дабы оно поднялось изъ воды на одинъ футъ. Подобнымъ образомъ могутъ разрѣшиться всѣ другіе вопросы, до груза относящіеся, когда образованіе поверхности судна уже извѣстно.

Займемся теперь изчисленіемъ величинъ, входящихъ въ формулу водоизмѣщенія.

$$D=\frac{1}{1-(1+c)m}\left[(6,1+5,2e+5,8f)M+A+Q\right]$$

Изчисленіе вѣса порожняго корпуса, оснастки, парусовъ и проч.

§ 16. Вѣсъ порожняго корпуса въ судахъ одинаковой величины и рода имѣетъ то же отношеніе къ вѣсу цѣлаго водоизмѣщенія. Равнымъ образомъ и вѣсъ рангоута, оснастки и проч., въ судахъ того же, имѣетъ одно отношеніе къ вѣсу порожняго корпуса. Въ слѣдующей таблицѣ показаны отношенія различныхъ частей груза къ вѣсу порожняго корпуса.

ТАБЛИЦА № 2.

	Корабли:		Фрегаты.	Корветы.	Бриги и шкуны.
	3-хъ-дечные.	2-хъ-дечные.			
Водоизмѣщеніе .	D	D	D	D	D
Вѣсъ порожняго корпуса K=mD	0,535D	0,53 D	0,5 D	0,46 D	0,42 0,46D 0,50
Вѣсъ гребныхъ судовъ	0,004 k	0,0055k	0,007 k	0,008 k	0,01 k
Рангоута . .	0,043 k	0,047 k	0,059 k	0,074 k	0,08 k
Парусовъ, шептовъ и проч. .	0,0045k	0,0056k	0,007 k	0,011 k	0,013 k
Оснастки . .	0,024 k	0,03 k	0,04 k	0,08 k	0,05 k
Блоковъ съ приборомъ . . .	0,009 k	1,009 k	0,009 k	0,009 k	0,009 k
Якорей съ канатами . . .	0,036 k	0,043 k	0,062 k	0,096 k	0,08 k
Сумма .	0,1145	0,1565	0,184	0,278	0,23
или вообще ck=	0,12 k	0,14 k	0,18 k	0,27 k	0,23 k

Вставляя въ общую формулу водоизмѣщенія вмѣсто m и c величины ихъ, найденныя въ этой таблицѣ, получимъ:

Для 3-хъ-дечныхъ кораблей:

$$D=2,49[(6,1+5,2e+5,8f)M+A+Q].$$

Для 2-хъ-дечныхъ кораблей:

$$D=2,5[(6,1+5,2e+5,8f)M+A+Q].$$

Для фрегатовъ:

$$D=2,56[(6,1+5,2e+5,8f)M+A+Q].$$

Для корветовъ:

$$D=2,39[(6,1+5,2e+5,8f)M+A+Q].$$

Для бриговъ:

$$D=2,27[(6,1+5,2e+5,8f)M+A+Q].$$

Такимъ образомъ можетъ быть найденъ вѣсъ всякаго военнаго судна.

Мы считаемъ неизлишнимъ помѣстить здѣсь изчисленіе груза 11-ти различнымъ военнымъ судамъ, извлеченное изъ превосходнаго сочиненія Г. Эдди, изданнаго при Ученомъ Комитетѣ Главнаго Морскаго Штаба ЕГО ИМПЕРАТОРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА. Показанный тамъ вѣсъ Англійскій переложенъ на Россійскіе пуды.

ТАБЛИЦА № 5.

ГЛАВНЫЯ РАЗМѢРЕНІЯ И ИЗЧИСЛЕНІЕ ВѢСА МАТЕРІЯЛОВЪ, ВХОДЯЩИХЪ ВЪ СОСТАВЪ КУЗОВА.

	Корабли:			Фрегаты:			Корветъ.	Бриги:		Шкуна.	Катеръ.
	120	84	74	52	46	28	18	18	10		
	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.	ф. — д.
Длина по гондеку	205 — 0	196 — 1½	176 — 0	172 — 0	150 — 4½	113 — 8	112 — 0	100 — 0	90 — 0	80 — 0	67 — 3
Ширина безъ обшивки	53 — 6	51 — 5¾	47 — 6	45 — 8	39—11	31 — 6	30 — 6	30 — 6	24 — 6	25 — 0	24 — 3
Глубина трюма	23 — 2	22 — 6	21 — 0	14 — 6	12 — 9	9 — 0	13—10	12 — 9	11 — 0	9—10	10 — 7
Глубина по спускѣ на воду: штевнемъ	15 — 10	13 — 9	13 — 5	12 — 2	10 — 9	9 — 8	10 — 0	6 — 6	7 — 9	6 — 1	5 — 4
Глубина по спускѣ на воду: ахтерштевнемъ	18 — 2	18 — 4	17 — 6	15 — 0	15 — 6	11—10	11—10	11 — 4	10 — 2	9 — 0	11—10
Глубина въ полномъ грузѣ: штевнемъ	24 — 7	21 — 9	20—11	19 — 5	17 — 6	15 — 2	14 — 8	11 — 4	11 — 5	9 — 2	7 — 7
Глубина въ полномъ грузѣ: ахтерштевнемъ	26 — 0	25 — 0	23 — 9	20 — 5	19 — 9	15 — 7	15 — 3	14 — 7	12 — 6	11 — 8	14 — 3
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ лѣсовъ	135860,42	102230,71	86325,95	53889,8	42699,8	22176,61	14965,55	10831,70	8216,52	5533,32	4327,18
—— желѣза	8408,20	7388,07	6751,28	4142	3298,35	1837,48	1035,55	957,46	494,66	465,20	355,47
—— мѣдныхъ болтовъ	2949,03	2473,0	2337,69	1421	927,37	510,05	315,20	299,83	219,46	170,00	114,55
	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число
Количество мѣдныхъ болтовъ: въ 1¾ фунта	1166	1800	1472	1350	1000	790	850	797	580	652	550
Количество мѣдныхъ болтовъ: — 2 фунта	3572	2050	1734	1650	1170	600	613	301	200	80	—
Количество мѣдныхъ болтовъ: Всего	4738	3850	3206	3000	2170	1390	1463	1098	780	732	550
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ мѣдныхъ листовъ	1070,63	902,63	785,16	701,7	568,78	340,02	315,30	254,18	194,74	161,73	127,74
—— металлическихъ гвоздей и проч.	179,27	145,28	129,83	117,44	98,91	55,62	64,91	58,62	32,44	27,03	20,857
—— рулевыхъ крючьевъ и петель	157,64	132,92	108,17	108,17	89,63	33,99	35,53	16,99	15,45	14,67	13,13
—— свинцу	559,51	522,41	494,6	438,94	321,48	277,39	268,23	253,48	185,47	122,92	68,00
	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число
Количество нагелей	64458	55103	27019	25500	20826	14540	13050	11193	8316	7100	5250
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ пеньки	992,29	854,62	710,97	401,05	302,92	247,3	222,55	185,47	123,65	98,90	86,27
—— густой смолы въ бочкахъ	331,75	284,38	265,84	238,0	179,27	77,27	71,09	71,09	46,35	46,35	53,99
	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число
Число бочекъ	50	45	43	36	25	12	11	11	7	7	5
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ жидкой смолы	720,24	701,6	695,52	433,77	287,47	145,28	117,44	108,17	46,35	34,76	31,67
	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число
Число бочекъ	109	106	105	66	44	22	18	16	7	5¾	5
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ мѣлу и бѣлилъ	587,32	408,03	395,67	284,38	160,73	129,83	98,9	77,27	46,35	40,17	15,45
—— масла льнянаго	77,27	77,27	77,27	64,915	55,62	18,54	13,9	9,27	6,18	4,635	2,51
	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число	число
Число галоновъ (*)	400	400	400	320	282	96	60	48	32	25	11
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ окраски за три раза	587,32	341,74	262,75	216,57	170,00	129,83	108,175	101,99	41,715	28,58	21,63
Вѣсъ порожняго кузова: въ пудахъ	152480,89	116442,66	99940,70	64457,53	49259,11	25979,11	17290,40	13220,552	9669,33	6748,26	5197,74
Вѣсъ порожняго кузова: — тоннахъ	2545,34	1940,711	1665,67	1074,29	820,28	432,98	288,17	203,42	161,15	112,47	86,62

(*) Галонъ имѣетъ 5,75 штофовъ.

ТАБЛИЦА № 4.

ВѢСЪ ОСНАСТКИ, РАНГОУТА, ПАРУСОВЪ И ЯКОРЕЙ СЪ КАНАТАМИ.

	Корабли:			Фрегаты:			Корветъ.	Бриги:		Шкуна.	Катеръ.
	120.	84.	74.	52.	46.	28.	18.	18.	10.		
	Пуд.	Пуд.	Пуд.	Пуд.	Пуд.	Пуд.	Пуд.	Пуд.	Пуд.	Пуд.	Пуд.
Вѣсъ мачтъ и бушприта	3252,750	3210,245	2268,960	2108,230	1337,715	562,605	562,605	672,125	264,290	395,670	338,475
—— стеньгъ и реевъ	2292,925	2292,925	1703,265	1703,265	1485,950	542,490	542,490	534,155	356,245	118,985	160,750
Вѣсъ рангоута	5545,675	5503,170	3972,225	3811,495	2823,665	1105,095	1105,095	1206,280	620,535	514,655	
—— запаснаго рангоута	1025,500	1025,500	1789,80	1789,80	465,215	369,480	369,480	187,015	138,220	71,095	
Вѣсъ всего рангоута	6571,175	6528,670	5762,025	5601,295	3288,880	1474,575	1474,575	1393,295	758,755	585,750	499,250
Вѣсъ такелажа и прочаго: стоячаго	1811,475	1749,640	1661,160	1559,620	905,720	772,800	797,520	309,250	200,925	129,884	194,745
бѣгучаго	1119,030	1063,385	1044,820	995,072	701,705	401,850	420,390	278,508	173,090	88,083	
блоковъ	751,170	686,552	655,330	617,250	335,845	259,660	249,660	123,650	61,825	82,575	
Вѣсъ всего такелажа	3681,175	3499,577	3361,310	3171,942	1941,270	1434,310	1467,570	711,208	435,840	300,544	225,645
	Саж.	Саж.	Саж.	Саж.	Саж.	Саж.	Саж.	Саж.	Саж.	Саж.	Саж.
Число саженъ всѣхъ веревокъ кабельтововъ и канатовъ отъ $\frac{3}{4}$ до 18 дюйм. въ окружности	30250	32400	27152	28700	20728	19031	19350	10709	7335	- - - -	- - - -
Число блоковъ	940	940	934	934	893	848	848	576	399	- - - -	- - - -
Въ парусахъ: футовъ парусины	57551	38851	52352	52472	21921	14588	15288	10641	8220	8370	12420
вѣсъ парусовъ	431,970	450,535	372,490	374,040	550,515	122,240	139,850	98,125	75,725	77,275	74,355
Въ запасныхъ парусахъ: футовъ парусины	22752	25532	19950	20070	15198	9966	11160	8541	5748	5280	1767
вѣсъ парусовъ	259,660	207,105	229,646	228,735	140,640	91,972	76,892	78,815	53,30	49,44	23,15
Вѣсъ всѣхъ парусовъ	691,640	657,640	602,136	602,775	691,155	214,212	216,742	176,940	129,025	126,715	97,505
Канаты пеньковые: плехтовыхъ	5	5	5	5	4	3	3	2	1	0	
верповыхъ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Всѣхъ ихъ	2009,300	1839,275	1545,620	1545,62	834,625	429,660	429,660	250,590	111,265	25,49	
Канаты желѣзные: плехтовыхъ	5	5	3	3	3	3	3	5	2	3	3
верповыхъ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Всѣхъ ихъ	2296,795	2259,690	1907,280	1907,280	1613,630	982,995	982,995	642,970	436,865	391,800	213,285
Вѣсъ всѣхъ канатовъ	4306,095	4098,965	2452,900	2452,900	2448,255	1412,655	1412,655	893,660	548,130	417,390	213,285
—— —— якорей	1287,480	1075,745	942,825	772,800	621,340	264,190	264,190	217,915	166,910	132,146	90,995
Вѣсъ всѣхъ канатовъ и якорей	5593,575	5174,710	3395,725	3225,700	3069,595	1676,845	1676,845	1111,475	715,040	549,536	304,280

ТАБЛИЦА № 3.

ВѢСЪ ГРЕБНЫХЪ СУДОВЪ.

	Корабли:			Фрегаты:			Корветъ.	Бриги:		Шкуна.	Катеръ.
	120.	84.	74.	52.	46.	28.	18.	18.	10.		
Барказъ	333,84	327,93	327,93	258,115	258,115	„	„	„	„	„	„
Катеръ 1-й	71,09	71,09	71,09	71,09	71,09	55,57	33,19	33,19	71,09	49,44	49,44
—— 2-й	92,72	92,72	92,72	92,72	92,72	80,36	24,72	24,72	„	„	„
—— 3-й	92,72	92,72	92,72	78,04	92,72	78,04	78,04	78,04	„	„	„
Гичка	„	„	„	„	„	„	„	„	18,81	40,08	40,94
Шлюпка	30,12	30,12	30,12	30,12	30,12	30,12	23,94	23,94	30,12	23,94	13,90
Вѣсъ всѣхъ судовъ	Пуд. 620,49	Пуд. 614,58	Пуд. 614,58	Пуд. 530,08	Пуд. 544,76	Пуд. 244,09	Пуд. 159,89	Пуд. 159,89	Пуд. 120,02	Пуд. 113,46	Пуд. 104,28

Объ артиллеріи.

§ 17. Главнѣйшія орудія, которыми вооружаются военныя суда, суть: *пушки* и *корронады*.

Изъ нихъ пушки бываютъ двухъ родовъ: *длинныя* и *короткія*, и вообще первыя выгоднѣе послѣднихъ.

Причины этому слѣдующія:

1.) При одинаковыхъ условіяхъ скорость ядра увеличивается соразмѣрно съ длиною орудія, а потому длинныя пушки имѣютъ большую дальность полета въ сравненіи съ короткими.

2.) Вообще должно предпочитать тѣ орудія, которыя при одинаковыхъ калибрахъ имѣютъ большую дальность полета при прямомъ прицѣльномъ выстрѣлѣ, потому, что, по мѣрѣ возвышенія орудія, уменьшается вѣрность выстрѣловъ.

И такъ изъ двухъ орудій одного калибра то лучше, которое при меньшемъ углѣ возвышенія произведетъ ту же дальность полета. Опытами дознано, что длинная пушка при прямомъ прицѣльномъ выстрѣлѣ бросаетъ снарядъ на большее разстояніе, чѣмъ короткая одного съ нею калибра—при одинаковыхъ впрочемъ условіяхъ.

Такъ наприм. 24 фунт. длинная пушка прямымъ прицѣльнымъ выстрѣломъ можетъ

дѣйствовать на разстояніи 150-ти саженъ; а чтобы на такое разстояніе бросила свой снарядъ короткая пушка того же калибра, необходимо возвысить ее почти на $\frac{1}{2}$ градуса.

3.) Длинная пушка заключаетъ въ себѣ болѣе металла, чѣмъ короткая одного съ нею калибра, и центръ тяжести первой далѣе *отъ діаметральной плоскости, нежели въ последней*; слѣдовательно, отъ увеличенія момента инерціи, при употребленіи длинныхъ пушекъ, боковая качка будетъ правильнѣе и спокойнѣе.

4.) У длинныхъ пушекъ жерла болѣе удалены отъ наружной стѣны корабля, отъ того дымъ и пламя выбрасываются за бортъ далѣе, чѣмъ при стрѣльбѣ изъ короткаго орудія.

Одно только неудобство имѣютъ длинныя пушки,—то именно, что онѣ, будучи вдвинуты въ корабль и закрѣплены полнымъ такелажемъ, много занимаютъ мѣста на палубахъ: что впрочемъ при нынѣшнемъ увеличеніи размѣра всѣхъ вообще судовъ вовсе неважно.

§ 18. Корронада, особаго рода орудіе, отличающееся тѣмъ, что при одинаковомъ калибрѣ, вѣсъ корронады и длина гораздо менѣе противъ пушки.

Такъ какъ калибръ корронады гораздо болѣе калибра пушки одинаковаго съ нею вѣса,

и потому онѣ на близкомъ разстояніи могутъ наносить великій вредъ, хотя въ дѣйствіи на дальнее разстояніе уступаютъ пушкамъ, въ особенности длиннымъ.

Изъ этого легко понять невыгоду вооруженія, состоящаго предпочтительно изъ однѣхъ корронадъ; потому, что тогда судно можетъ подвергнуться великой опасности отъ дѣйствія другаго судна меньшей величины, но вооруженнаго длинными пушками.

Сиръ Говуардъ Дугласъ, въ своей Теоріи и практикѣ Морской Артиллеріи, упоминаетъ о нѣсколькихъ сраженіяхъ, которыя ясно показываютъ неудобство вооруженія судовъ корронадами. Между прочимъ онъ приводитъ въ примѣръ сраженіе фрегатовъ Фебеи и Эссекса, изъ коихъ первый имѣлъ на опердекѣ 18 фунтовыя длинныя пушки, а на бакѣ и шканцахъ 32 фунт. корронады. Эссексъ вооруженъ былъ 40 корронадами 32 фунт. калибра и 6 пушками 12 фунт. калибра. Капитанъ фрегата Эссекса въ донесеніи своемъ пишетъ: «Фрегатъ Фебея сталъ на лучшемъ разстояніи для дѣйствія его длиныхъ орудій, и производилъ сильнѣйшій огонь, отъ котораго валилось по дюжинѣ моихъ храбрыхъ товарищей.» Въ другомъ мѣстѣ онъ же говоритъ: »Тишина моря и невозможность, въ каковой мы находились, достигать непріятеля нашими кор-

ронадами, дозволяли ему наводить на насъ свои орудія совершенно по произволу; почему всѣ его ядра ударяли въ корпусъ нашего фрегата, который такъ былъ избитъ, что едва ли когда бывалъ подобный примѣръ.»

Впрочемъ корронады, по легкости своей, малой длинѣ и большому калибру, могутъ быть весьма полезны для дѣйствія на близкихъ разстояніяхъ.

Таковыя разсужденія приводятъ насъ къ заключенію, что военныя суда необходимо вооружать длинными пушками и частію корронадами, чтобы имѣть возможность наносить вредъ непріятелю, на дальнихъ и на близкихъ разстояніяхъ. Корронады могутъ быть употребляемы болѣе на малыхъ судахъ, но и тогда непремѣнно нужно имѣть нѣсколько пушекъ.

§ 19. При назначеніи артиллеріи на какое либо судно, должно имѣть въ виду, чтобы она могла наносить непріятелю сколь можно бо́льшій вредъ.—Для того *нужно увеличивать калибръ орудій.*

При опредѣленіи величины калибра необходимо принимать въ соображеніе удобное дѣйствіе орудіемъ, потому, что слишкомъ большой снарядъ представляетъ неудобство при заряжаніи. Притомъ же тяжелыя пушки требуютъ для управленія ими много людей; сло-

вомъ, употребленіе орудій слишкомъ большаго калибра при дѣйствіи на кораблѣ ввело бы большія неудобства.

Опытъ показалъ, что калибръ, удобный для употребленія, не долженъ превышать 36-ти-фунтовый; пушки этаго разряда, не обременяя много корабля, при дѣйствіи удобны. Корронады же, по легкости своей, употребляются и 68 - ми - фунтовыя. Кромѣ того, опредѣляя калибръ орудій, необходимо принимать въ соображеніе родъ орудій, употребляемый въ другихъ морскихъ державахъ.

Вообще *должно имѣть артиллерію менѣе числомъ, а болѣе калибромъ.* Хотя большей величины пушки и требуютъ для управленія большаго числа людей, но такая невыгода почти ничтожна въ сравненіи съ пользою, доставляемою орудіями большаго калибра. Судно, вооруженное артиллеріею малаго калибра, всегда будетъ проигрывать противъ другаго судна меньшей величины, но имѣющаго орудія большаго калибра.

На малыхъ Фрегатахъ, которые, по величинѣ своей, не могутъ имѣть пушекъ 36 и 24 фунт., должно употреблять пушки 18 и 12 фунтоваго калибра, длинныя, но не менѣе. На судахъ меньшей величины, назначаемыхъ для скораго хода, должно ставить 36 фунтовыя корронады. Для дѣйствія же во время

погони и отступленія, нужно имѣть покрайней мѣрѣ 4 пушки 12 фунт. калибра.

Наконецъ на корабляхъ и фрегатахъ большихъ ни въ какомъ случаѣ не должно имѣть орудій менѣе 24 фунтовыхъ длинныхъ пушекъ.

§ 20. Относительно числа орудій должно замѣтить, что если поставимъ много орудій на маломъ суднѣ, то разстоянія между ними будутъ слишкомъ малы; отъ чего встрѣтятся большія неудобства и даже невозможность при дѣйствіи. Напротивъ того на большомъ суднѣ слишкомъ ограниченное число орудій тоже не принесло бы выгоды, тогда уменьшилась бы его сила. Изъ этого видно, что число орудій всякаго судна тѣсно сопряжено съ его величиною; слѣдовательно число орудій при сочиненіи чертежа можно полагать въ числѣ данныхъ, и по немъ опредѣлять уже размѣренія судна.

§ 21. Показавъ условія, съ коими сопряжено опредѣленіе артиллеріи на всякое военное судно, остается знать вѣсъ различныхъ орудій съ ихъ станками и шести-мѣсячнымъ запасомъ огнестрѣльнаго снаряда; — это можно видѣть изъ слѣдующихъ таблицъ.

ТАБЛИЦА № 6.

ВѢСЪ ПУШЕКЪ СЪ ИХЪ ПРИНАДЛЕЖНОСТЯМИ И КОЛИЧЕСТВОМЪ ОГНЕСТРѢЛЬНАГО СНАРЯДА НА 6 МѢСЯЦОВЪ.

Калиберъ.	36.	24.	18.	12.	6.
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ длинной пушки	197,75	149,0	109,75	77,25	58,00
Вѣсъ станка	31,75	26,26	20,67	15,12	9,26
Вѣсъ прибора, какъ-то: банниковъ, прибойниковъ и проч., составляетъ 0,25 вѣса станков.	9,93	6,56	5,16	3,78	2,31
Вѣсъ такелажа, т. е. талей, брюкъ и проч. около 0,33 вѣса станковъ	10,58	8,75	6,89	5,04	3,08
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ пушки со станкомъ: длинной	248,01	190,57	142,47	91,19	72,65
Вѣсъ пушки со станкомъ: короткой	224,26	161,57	120,72	—	—
Огнестрѣльный снарядъ:					
Вѣсъ одного ядра	43,0 ф.	27,75	21,00	13,00	9,5
Вѣсъ пыжа	3,3 ф.	2,55	2,05	1,55	1,05
Вѣсъ древгагла одного-пушечн.	46,0 ф.	21,00	22,2	15,0	10,05
Полагается на каждое орудіе:					
Ядеръ 75; вѣсъ ихъ	322,5 ф.	2081,25	1575,0	975,0	712,5
Пыжей 80; вѣсъ ихъ	264,5	204,0	264,0	124,0	81,0
Древгагловъ 10	460	210	160	945	60
Пороху полагается на 55 боевыхъ выстрѣловъ, изъ коихъ:					
Вѣсъ одного въ $\frac{1}{3}$ вѣса ядра	12,0	8,0	6,0	4,0	2 6
Вѣсъ одного — $\frac{1}{4}$ — —	9 фунт.	6,0	4,5	3,0	2,0
Вѣсъ пороха на 30 выстрѣловъ въ $\frac{1}{3}$ ядра	360,0	240,0	180,0	120,0	78,0
Вѣсъ пороха на 25 выстрѣловъ въ $\frac{1}{4}$ ядра	225,0	150,0	112,5	75,0	50,0
	ф.	ф.	ф.	ф.	ф.
Боченокъ, вѣсомъ въ 25 фунт., вмѣщаетъ пороха 3 пуда, и потому вѣсъ посуды	121,83	78,00	58,4	39,0	25,6
	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.	пуд.
Вѣсъ огнестрѣльнаго снаряда	116,0	74,1	56,24	35,1	25,2
Артиллерійск. принадлежности, запасные станки, колеса и пр. составляютъ $\frac{1}{7}$ отъ вѣса станковъ	4,54	3,75	2,95	2,16	1,32
Мѣлкія орудія съ приборами и артиллерійскими принадлежностями 0,03 отъ вѣса станковъ	0,95	0,79	0,62	0,45	0,28
Вѣсъ принадлежностей	5,49	4,54	3,57	2,61	1,60

ТАБЛИЦА № 7.

ВѢСЪ КОРРОНАДЪ СЪ ИХЪ ПРИНАДЛЕЖНОСТЯМИ И ЗАПАСОМЪ ОГНЕСТРѢЛЬНАГО СНАРЯДА НА 6 МѢСЯЦОВЪ.

	36.	24.	18.	12.	6.
Вѣсъ орудія въ пудахъ	63,00	44,00	31,50	19,50	14,50
Вѣсъ станка въ пудахъ	7,56	5,00	4,09	2,73	2,03
Вѣсъ прибора . . .	2,52	1,66	1,36	0,91	0,67
Вѣсъ такелажа $\frac{1}{2}$ вѣса станка	3,78	2,56	2,04	1,36	1,01
Вѣсъ корронады со станкомъ . . .	76,86	53,16	38,99	23,49	18,21
Огнестрѣльный снарядъ:					
На каждую корронаду полагается:					
Ядеръ 75; вѣсъ ихъ .	3225,0	2081,25	1575,00	975,00	712,5
Картечь 20; вѣсъ ихъ .	660	420	320	195	120
Пыжей 80; вѣсъ ихъ .	264,0	204,0	164,0	124,0	84,0
Пороху на 55 боевыхъ выстрѣловъ:					
Для корронадъ отъ 68 до 36 фунт. въ $\frac{1}{12}$ долю шкальнаго вѣса ядра; а отъ 36 до 8 въ $\frac{1}{12}$ долю	165,00	110,00	82,5	55,0	36,30
Боченокъ, вѣсомъ въ 25 фунтовъ, вмѣщаетъ пороху 3 пуда, слѣдовательно вѣсъ посуды .	33,20	22,00	16,50	11,00	7,260
Вѣсъ огнестрѣльнаго снаряда . .	пуд. 108,68	пуд 70,93	пуд. 53,95	пуд. 34,00	пуд. 24,00
Принадлежности:					
Запасъ	4,54	3,75	2,95	2,16	1,32
Мѣлкія орудія и проч.	0,95	0,78	0,62	0,45	0,27
Вѣсъ принадлежностей	5,49	4,53	3,57	2,61	1,59

ТАБЛИЦА № 8.

	36.	24.	18.	12.	8.
Вѣсъ пушки длинной .	197,75	149,0	109,75	77,25	58,00
Вѣсъ пушки короткой	174,00	120,0	88,00	——	——
Вѣсъ станка съ такелажемъ и приборомъ .	50,31	41,57	32,72	23,94	14,65
Вѣсъ огнестрѣльнаго снаряда на 6 мѣсяцовъ	116,40	74,10	56,24	35,10	25,20
Вѣсъ артиллерійскихъ принадлежностей и мѣлкихъ орудій	5,49	4,54	3,57	2,61	1,60
Вѣсъ пушки съ принадлежностями и запасомъ на 6 мѣсяцовъ въ пудахъ	369,4	269,21	202,28	128,90	99,45
Въ куб. футахъ	205,18	149,5	112,3	71,5	55,2
Полагая 1 куб. футъ = 1,8 пудовъ.					

ТАБЛИЦА № 9.

	36.	24.	18.	12.	8.
Вѣсъ корронады со станкомъ, такелажемъ и приборомъ	76,86	53,16	38,99	23,49	18,21
Вѣсъ огнестрѣльнаго снаряда на 6 мѣсяцовъ .	108,68	10,93	53,95	34,00	24,00
Принадлежности артиллерійскія	5,49	4,53	3,57	2,61	1,59
Вѣсъ корронады со всѣми принадлежностями и запасомъ	191,03	128,62	96,51	60,10	43,80

§ 22. Орудія должно ставить такимъ образомъ, чтобъ можно ими дѣйствовать во всякое время, а это условіе будетъ выполнено только тогда, когда между ними будетъ достаточный просторъ. Не должно ставить слишкомъ много орудій въ одинъ рядъ, ибо отъ того увеличивается длина судна, а съ нею и недостатки, отъ излишества ея происходящіе. Напротивъ того, увеличивая число рядовъ, увеличимъ высоту надводной части судна и поднимемъ центръ тяжести: что, какъ увидимъ въ послѣдствіи, весьма вредитъ остойчивости.

Долговременный опытъ доказалъ, что въ корабляхъ, имѣющихъ отъ 130 до 110 орудій, должно размѣщать артиллерію въ трехъ ярусахъ или декахъ; въ корабляхъ отъ 100 до 74 пуш. ставить орудія въ двухъ ярусахъ. По этой причинѣ первые называются 3-хъ-дечными, а послѣдніе 2-хъ-дечными кораблями. Во фрегатахъ артиллерія ставится въ одномъ декѣ. Кромѣ того, корабли и фрегаты имѣютъ открытую батарею на квартердекѣ и форкастелѣ.

§ 23. При размѣщеніи артиллеріи, должно стараться сколь можно болѣе понизить центръ тяжести судна; и для того орудія, имѣющія большій вѣсъ, ставятъ въ нижнемъ ярусѣ, а самыя легкія, какъ карронады, ста-

вятся на бакѣ, шканцахъ и шкафутѣ, гдѣ болѣе требуется простора для управленія снастями.

Нынѣ стараются вводить однокалиберную артиллерію на всѣхъ декахъ, ставя въ нижнемъ ярусѣ 36-ти-фунт. длинныя пушки, въ среднемъ 36-ти-фунт. короткія пушки, въ верхнемъ 36-ти-фунтовыя полупушки, которыя вѣсомъ и длиною почти одинаковы съ 24-хъ-фунтовыми длинными пушками; наконецъ въ открытой батареѣ помѣщаютъ 36-ти-фунтовыя корронады. Корабли, вооруженные по этой системѣ, имѣютъ гораздо большую силу противъ обыкновеннаго вооруженія, между тѣмъ вѣсъ орудій остается тотъ же.

Наприм. на 84-хъ-пуш. кораблѣ прежде ставили на гондекѣ 36-ти-фунт. короткія пушки, на опердекѣ 24-хъ-фунтовыя. Слѣдовательно вѣсъ выбрасываемаго металла будетъ:

на опердекѣ = 27,75 пуд. × 32 = 888 пудовъ.
на гондекѣ = 43 × 32 = 1376
всего = 1464 пудовъ.

Если же на опердекѣ будутъ поставлены 36-ти-фунт. короткія пушки или 36-ти-фунт. полупушки, то полный вѣсъ выбрасываемаго металла съ гондека и опердека будетъ 2752 пуда, болѣе противъ прежняго на 1288 пудовъ. Сверхъ того сила новыхъ кораблей еще увеличилась замѣною на бакѣ и шканцахъ 12-ти-фунтовыхъ пушекъ 36-ти-фунтовыми корронадами.

Слѣдующая таблица показываетъ число и калиберъ орудій, помѣщаемыхъ на различныхъ военныхъ судахъ.

ТАБЛИЦА № 10.

Рангъ.		Гондекъ. Пушки.		Мидль-декъ. Пушки.		Опердекъ. Пушки.		Квартордекъ и Форкастель. Пушки.		Квартордекъ и Форкастель. Корронады.		Шкафутъ. Корронады.		Ютъ. Корронады.		Итого.		Всего.
		Число.	Калиб.	Число.	Калиб.	Число.	Калиб.	Число.	Калиб.	Число.	Калиб.	Число.	Калиб.	Число.	Калиб.	Пушк.	Корро.	Орудій
Корабли:	1-го ранга	32	длин. 36	34	кор. 36	34	длин. 24	8	длин. 18	—	—	12	36	—	—	108	12	120
		30	36	32	36	30	24	6	18	—	—	12	36	—	—	98	12	110
	2-го ранга .	34	36	—	—	34	36	26	24	—	—	4	36	6	18	94	10	104
	3-го ранга .	32	длин. 36	—	—	32	кор. 36	12	24	4	36	10	36	6	18	76	20	96
		28	длин. 36	—	—	30	24	14	24	—	—	10	36	6	18	72	16	88
Фрегаты:	1-го ранга .	—	—	—	—	30	36	6	24	6	36	10	36	—	—	36	16	52
	2-го ранга .	—	—	—	—	28	24	4	18	6	36	10	36	—	—	32	16	48
	3-го ранга .	—	—	—	—	24	18	4	12	—	—	8	24	—	—	30	8	36
	4-го ранга .	—	—	—	—	20	12	2	12	2	24	4	24	—	—	22	6	28
Бригъ . . .		—	—	—	—	—	—	4	12	16	36	—	—	—	—	4	16	20

Итакъ теперь извѣстно: число и родъ орудій, помѣщаемыхъ на каждой палубѣ, ихъ калиберъ, вѣсъ каждаго орудія съ шестимѣсячнымъ запасомъ огнестрѣльнаго снаряда; слѣдовательно количество А, изображающее вѣсъ артиллеріи на суднѣ со всѣми принадлежностями, легко можетъ быть опредѣлено.

Число людей

§ 24. Величина и число орудій, на суднѣ поставляемыхъ, опредѣляетъ число людей. Чѣмъ больше калиберъ орудія — больше нужно и людей для управленія имъ во время дѣйствія.

Опытъ показалъ, что число людей, достаточное для управленія во время дѣйствія, должно быть:

Для пушки	36	фунт. калибра	. . . 13	чел.
—— ——	24	—— ——	. . . 9	—
—— ——	18	—— ——	. . . 9	—
—— ——	12	—— ——	. . . 7	—
—— ——	8	—— ——	. . . 5	—

Въ обыкновенныхъ случаяхъ артиллерія никогда не дѣйствуетъ вдругъ всѣми орудіями, а почти всегда дѣйствіе производится изъ нѣсколькихъ орудій съ одной, или съ обѣихъ сторонъ; слѣдовательно при опредѣленіи числа людей, достаточнаго для управленія пушками, должно принимать не всѣ орудія, а только тѣ, которыя съ одной стороны ко-

рабля находятся. Наприм. если на гондекѣ 30 пушекъ 36-ти-фунш. калибра, то $13\times15=195$, покажетъ полное число людей при пушкахъ на этой палубѣ. Кромѣ людей при пушкахъ, въ составъ корабельнаго экипажа входятъ люди для управленія снастями и парусами, Офицеры, люди исправляющіе различныя корабельныя должности, деньщики и проч. Для найденія числа ихъ, означимъ чрезъ A вѣсъ артиллеріи съ 6-ти-мѣсячнымъ запасомъ въ пудахъ, и пусть число людей при пушкахъ $=S$, а остальное число R найдется по формулѣ:

для кораблей $R=15,6\left[S+A\right]^{0,3}$

для фрегатовъ $R=15,6\left[S+A\right]^{0,28}$

Придавъ къ R число S людей при пушкахъ, $R+S$ изобразитъ полное число людей, входящихъ въ составъ всего экипажа.

Таким образомъ опредѣлится число людей:

на корабль	120 пуш.	900	на фрегатъ	60 пуш.	450
— ——	110 ——	800	— ——	44 ——	350
— ——	84 ——	700	— ——	32 ——	200
— ——	74 ——	650	на бригъ	20 ——	155

§ 25. Въ составъ груза всякаго военнаго судна входитъ балластъ (*), который поддерживаетъ качества его, при концѣ долгаго плаванія, когда большая часть съѣст-

(*) О балластѣ подробнѣе будетъ говорено въ слѣдующей главѣ.

ныхъ и военныхъ запасовъ бываетъ издержана.

Количество балласта даже въ судахъ одного рода бываетъ различно: это зависитъ главнѣйше отъ образованія ихъ. Обыкновенно же полагается вѣсъ балласта:

на 3-хъ-дечный корабль . . отъ 0,24К до 0,27К,
— 2-хъ ——— ——— . . отъ 0,18К до 0,22К.

Для фрегатовъ и другихъ судовъ . отъ 0,16К до 0,2К, гдѣ К представляетъ вѣсъ порожняго кузова.

§ 26. Число мѣсяцовъ для провизіи и воды зависитъ отъ продолженія плаванія: суда, назначаемыя для дальнихъ путешествій, запасаются провизіею на одинъ годъ, а водою на 4 мѣсяца.

Въ обыкновенныхъ же плаваніяхъ полагается для кораблей и фрегатовъ провизіи на 6-ть мѣсяцовъ, а воды на 3 мѣсяца.

Фрегаты, употребляемые для крейсерства въ продолженіи 8-ми и болѣе мѣсяцовъ, особенно въ теплыхъ моряхъ, иногда безъ всякой надежды запасаться свѣжею провизіею во время плаванія, должны имѣть провизіи на 8 или на 9 мѣсяцовъ.

Мѣлкія суда, назначаемыя въ особенности для скораго хода, имѣютъ провизіи только на 2 или на 3 мѣсяца и еще менѣе; это дѣлается для того, чтобы по возможности

уменьшить водоизмѣщеніе судна, и тѣмъ прибавить качества скораго хода.

§ 27. Такимъ образомъ, основываясь на предложенныхъ выше правилахъ, можно изчислить вѣсъ всѣхъ частей корабельнаго груза, и по формулѣ найти водоизмѣщеніе, приличное для каждаго военнаго судна,— главный элементъ, отъ коего зависитъ величина судна, его размѣренія и даже качества. Должно замѣтить, что излишество водоизмѣщенія также вредитъ удобности плаванія, какъ и недостатокъ, и потому нужно, чтобы судно, совмѣщая въ себѣ всѣ необходимыя для плаванія вещи, имѣло сколь можно меньшее водоизмѣщеніе.

Но въ то же время надобно по возможности увеличивать военную силу судна. Слѣдовательно *изъ двухъ кораблей равной силы тотъ будетъ лучше, который имѣетъ меньшее водоизмѣщеніе; и обратно, при томъ же водоизмѣщеніи, тотъ корабль лучше, который имѣетъ большую силу.*

ГЛАВА III.

О центрѣ величины и центрѣ тяжести.

§ 28. На судно, находящееся на водѣ, дѣйствуютъ двѣ силы: тяжесть и сила вертикальнаго давленія воды, и для того, чтобы

судно имѣло возможность плавать и находилось въ равновѣсіи, эти двѣ силы должны быть равны и дѣйствовать по направленіямъ прямопротивнымъ; но какъ тяжесть дѣйствуетъ по вертикальному направленію, слѣдовательно точки приложенія этихъ силъ должны находиться на одной вертикальной линіи.

Такъ какъ производная сила тяжести проходитъ чрезъ центръ тяжести судна, а производная сила вертикальнаго давленія воды— чрезъ нѣкоторую точку, называемую *центръ водоизмыщенія* или *центръ величины*, — это тоже, что и центръ тяжести погруженной части судна, принимая ее тѣломъ однороднымъ; слѣдовательно, *чтобы доставить плавающему судну покойное состояніе, нужно, чтобы центръ тяжести его и центръ величины подводной части находились на одной вертикальной линіи.*

Изъ этаго видно, что для опредѣленія того положенія, въ коемъ судно плаватъ спокойно, нужно знать: 1) величину производной силы вертикальнаго давленія воды, которая равна вѣсу выдавленной воды, и самый вѣсъ судна; 2) мѣсто центра величины и центра тяжести.

Изъ 1-й главы мы видѣли, какъ можно удостовѣриться дѣйствительно ли вѣсъ выдав-

ленной воды равенъ вѣсу судна, остается только показать способъ находить центръ величины и центръ тяжести судна.

§ 29. Выше изъ § 7 видѣли, что вмѣстительность погруженной части судна можетъ быть представлена *линіею сѣченій.* — Длина судна по грузовой ватерлиніи равна длинѣ линіи вертикальныхъ сѣченій; носовая площадь этой линіи равна вмѣстительности носовой части судна; слѣдовательно отстоянія центра величины и центра тяжести линіи вертикальныхъ сѣченій отъ средины грузовой ватерлиніи равны между собою.

Равнымъ образомъ и отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи равно отстоянію центра тяжести линіи горизонтальныхъ сѣченій отъ наибольшей ея ординаты. Инакъ для опредѣленія центра величины судна нужно знать общій способъ находить центръ тяжести кривой линіи.

Во-первыхъ пусть уравненіе кривой линіи Черт. 5. извѣстно. Положимъ, что AC— дуга параболы, которой указатель $= n$, а вершина въ точкѣ A, $AP=x$, $PM=y$; точка G — искомый центръ тяжести.

Изъ Механики извѣстно, что

$$AH = \frac{\int xydx}{\int ydx},\ QH = \frac{\int y^2dx}{2\int ydx}$$

Изъ уравненія параболы $y^n = px$, имѣемъ $y = p^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}}$; отъ чего $\int xy dx = \int p^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}+1} dx$

$$= p^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{x^{\frac{1}{n}+2}}{\frac{1}{n}+2} + C,$$ и какъ $C = O$, то

$$\int xy dx = \frac{p^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}+2}}{\frac{1}{n}+2} = \frac{n}{2n+1} p^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}} x^2 = \frac{n}{2n+1} x^2 y;$$

но также $\int y dx = \frac{n}{n+1} xy \ldots$ (§ 8), слѣдовательно

$$AH = \int \frac{xy dx}{y dx} = \frac{n+1}{2n+1} x.$$

Изъ того же уравненія параболы имѣемъ:

$y^2 = p^{\frac{2}{n}} x^{\frac{2}{n}}$, откуда $\int y^2 dx = \int p^{\frac{2}{n}} x^{\frac{2}{n}} dx$,

или $\int y^2 dx = \frac{n}{n+2} p^{\frac{2}{n}} x^{\frac{2}{n}} x = \frac{n}{n+2} xy^2$, а потому

$$GH = \frac{\int y^2 dx}{2 \int y dx} = \frac{n+1}{2n+4} y.$$

§ 30. Предположивъ, что линія горизонтальныхъ сѣченій есть парабола, коей вершина при килѣ наибольшая абцисса, равна глубинѣ H; указатель $= h$; — будетъ:

Отстояніе центра тяжести линіи горизонтальныхъ сѣченій отъ верхней грани киля

$= \frac{h+1}{2h+1} H$; отъ грузовой ватерлиніи

$$g = H - \frac{h+1}{2h+1} H = \frac{h}{1+2h} H$$

Если же вершина линіи горизонтальныхъ сѣченій на грузовой ватерлиніи; h′ — указатель линіи сѣченій въ носу; h″ — указатель линіи сѣченій въ кормѣ: то отстояніе центра тяжести линіи горизонтальныхъ сѣченій отъ грузовой ватерлиніи

въ носу $= \frac{h'+1}{2h'+4}$ H, въ кормѣ $= \frac{h''+1}{2h''+4}$ H.

Пусть D площадь линіи горизонтальныхъ сѣченій; N, K — площади носовой и кормовой части той же линіи, считая отъ средины длины грузовой ватерлиніи.

$$Dg = \frac{h'+1}{2h'+4} H. N + \frac{h''+1}{2h''+4} H. K,$$

будетъ моментъ линіи сѣченій въ разсужденіи грузовой ватерлиніи.

Отсюда $g = \frac{H}{2D}\left[\frac{h'+1}{h'+2} N + \frac{h''+1}{h''+2} K\right] \ldots (a)$, отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи.

По свойству параболы слѣдуетъ:

$N = \frac{h'}{h'+1} W'H$, и $K = \frac{h''}{h''+1} W''H$, отъ чего

$g = \frac{H^2}{2D}\left[\frac{h'}{h'+2} W' + \frac{h''}{h''+1} W''\right]$ или полагая $W' = W''$,

$$g = \frac{H^2 W'}{2D}\left[\frac{h'}{h'+2} + \frac{h''}{h''+2}\right] \ldots (b).$$

Также извѣстно, что $h' = \frac{N}{W'H - N}$ и $h'' = \frac{K}{W'H - K}$,

откуда $h' + 1 = \frac{W'H}{2W'H - N}$, $h' + 2 = \frac{2W'H - N}{W'H - N}$, и

$$\frac{h'+1}{h'+2}=\frac{W'H}{2W'H-N}, \text{ также и } \frac{h''+1}{h''+2}=\frac{W'H}{2WH-K}$$

Вставляя послѣднія величины въ уравненіе (a), имѣемъ... $g=\frac{W'H^2}{2D}\left[\frac{N}{2W'H-N}+\frac{K}{2W'H-K}\right]\ldots(c)$

По формуламъ (b), (c) опредѣлится отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи.

§ 31. Пусть n', n'' представляютъ указателей линіи вертикальныхъ сѣченій въ носовой и кормовой части; L и ⊠ — наибольшія координаты этой линіи, $L'=\frac{1}{2}L$.

Полагая, что вершина линіи вертикальныхъ сѣченій при килѣ, имѣемъ:
отстояніе центра тяжести линіи вертикальныхъ сѣченій отъ средины:

Въ носовой части $=\frac{n'+1}{2n'+4}L'$

Въ кормовой части $=\frac{n''+1}{2n''+4}L'$

Моментъ носовой площади $=NL'\frac{n'+1}{2n'+4}$

Моментъ кормовой площади $=KL'\frac{n''+1}{2n''+4}$

Разность ихъ равна моменту всей линіи сѣченій въ разсужденіи средины, то есть:

$$Da=\frac{n'+1}{2n'+4}L'N-\frac{n''+1}{2n''+4}L'K,$$

откуда отстояніе центра тяжести линіи вертикальныхъ сѣченій отъ средины длины грузовой ватерлиніи будетъ:

$$a=\frac{L'}{2D}\Big[\frac{n'+1}{n'+2}N-\frac{n''+1}{n''+2}K\Big],$$

но $n'=\dfrac{N}{L'\boxtimes-N}$, $n''=\dfrac{K}{L'\boxtimes-K}$ и $n'+1=\dfrac{\boxtimes L'}{\boxtimes L'-N}$,

$$n'+2=\frac{2L'\boxtimes-N}{L'\boxtimes-N},$$

отъ чего

$$\frac{n'+1}{n'+2}=\frac{\boxtimes L'}{2\boxtimes L'-N}, \text{ и } \frac{n''+1}{n''+2}=\frac{\boxtimes L'}{2\boxtimes L'-K}$$

Вставляя вмѣсто равныхъ равныя, имѣемъ:

$$a=\frac{\boxtimes L'^2}{2D}\Big[\frac{N}{2\boxtimes L-N}-\frac{K}{2\boxtimes L-K}\Big]\cdots\cdots(d);$$

$$\text{но } N=\frac{n'}{n'+1}L'\circledast \text{ и } K=\frac{n''}{n''+1}L'\circledast,$$

$$a=\frac{\circledast L'^2}{2D}\Big[\frac{n'}{n'+2}-\frac{n''}{n''+1}\Big]\cdots(e).$$

Посредствомъ послѣднихъ формулъ (d), (e) опредѣляется отстояніе центра величины отъ средины, и какъ ясно видно, что онѣ равно какъ и (b), (c), зависятъ только отъ водоизмѣщенія главныхъ размѣреній и площадей, слѣдовательно положеніе центра величины можетъ быть найдено прежде сочиненія чертежа. — Выгода немаловажная, тѣмъ болѣе, что она, избавляя передѣлокъ, доставляетъ возможность обсудить чертежъ со

*

всѣхъ сторонъ прежде начертанія его образованія.

§ 32. Когда уравненіе кривой линіи неизвѣстно, то положеніе центра тяжести опредѣляется помощію извѣстнаго способа равностоящихъ ординатъ.

Черт. 1. Положимъ, что требуется найти центръ тяжести пространства, ограниченнаго кривою линіею BDFK и прямыми AB, AL, LM.

Проведемъ нѣсколько ординатъ DC, EF, GH и проч., равныхъ a, b, c, d и проч., и отстоящихъ одна отъ другой на разстояніе r, такъ, чтобъ части кривой линіи BD, DF, FH, HM можно было принять за прямыя линіи.

Пусть M, N, O, P и проч. представляютъ площади, заключенныя между ординатами AB, CD, EF и проч., m, n, o, p и проч., отстоянія центровъ тяжести тѣхъ же площадей отъ прямой AB; точка R—центръ тяжести всей площади.

Принимая площади ABCD, CDEF и проч. за силы, имъ пропорціональныя, возьмемъ ихъ моменты въ разсужденіи прямой AB.

ABFLM. $AS = Mm + Nn + Oo + Pp + \ldots$, или

$(M+N+O+P+\ldots)AS = Mm+Nn+Oo+Pp+\ldots$,

$$AS = \frac{Mm+Nn+Oo+Pp+\ldots}{M+N+O+P+\ldots} \ldots (1).$$

Вотъ общая формула, по которой опредѣляется отстояніе центра тяжести площади кривой линіи отъ одной изъ своихъ ординатъ.

Если m', n', o', p' и проч. представляютъ отстоянія центровъ тяжести площадей M, N, O, P и проч. отъ оси AF, то моментъ площади ACFE въ разсужденіи AF будетъ:

$$ABFLM.\ RS = Mm' + Nn' + Oo' + Pp' + \ldots,$$

откуда

$$RS = \frac{Mm' + Nn' + Oo' + Pp' + \ldots}{M + N + O + P + \ldots} \ldots (2),$$

отстояніе центра тяжести кривой линіи отъ оси.

§ 33. Опредѣлимъ теперь зависимость количествъ M, N, O, P и проч., m, n, o, p и проч., отъ ординатъ a, b, c и проч.

Принимая площади M, N, O, P за трапеціи, имѣемъ:

$$ACDB = M = \tfrac{1}{2}(a + b)r,\ CDFE = \tfrac{1}{2}(b + c)r,$$
$$EFHG = O = \tfrac{1}{2}(c + d)r,\ GHML = P = \tfrac{1}{2}(d + e)r.$$

Также $m = \frac{a + 2b}{3(a + b)}r$, $n = \frac{b + 2c}{3(b + c)}r + r =$

$\frac{4b + 5c}{3(b + c)}r$, $o = \frac{c + 2d}{3(c + d)}r + 2r = r\frac{7c + 8d}{3(c + d)}$,

$$p = \frac{d + 2e}{3(d + e)} + 3r = \frac{10d + 11e}{3(d + e)}r.$$

Слѣдовательно:

$$Mm = \tfrac{1}{6}(a+2b)\,r^2,\ Nn = \tfrac{1}{6}(4b+5c)\,r^2,$$

$$Oo = \tfrac{1}{6}(7c+8d)\,r^2,$$

$$Pp = \tfrac{1}{6}(10d+11e)r^2,$$ и проч., откуда

$$AS = \frac{Mm+Nn+Oo+Pp}{M+N+O+P} = \frac{\tfrac{1}{6}r^2(a+6b+12c+18d+11e)}{r(\tfrac{1}{2}a+b+c+d+\tfrac{1}{2}e)},$$

или

$$AS = \frac{r(\tfrac{1}{6}a+b+2c+3d+\tfrac{11}{6}e)}{\tfrac{1}{2}a+b+c+d+\tfrac{1}{2}e} \dots (a).$$

Черт. 1. Изъ точекъ B, D и проч. проведемъ прямыя BN, DO и проч., параллельныя AX; чрезъ это каждая площадь, какъ ABCD, раздѣлится на треугольникъ DBN и прямоугольникъ ABCN; — сумма ихъ моментовъ отъ оси AX равна моменту площади ABFLM отъ той же оси.

Площ. треуг. BND $= \tfrac{1}{2}r\,(b-a)$.

Площ. прямоуг. ABCN $=$ ar.

Отстояніе центровъ тяжести отъ оси AF въ треуг. BND $= \tfrac{1}{3}ND + NC = \tfrac{1}{3}(b-a)+a$, въ прямоуг. ABCN $= \tfrac{1}{2}a$

моменты отъ оси AX:

треуг. $= \tfrac{1}{6}r\,(b-a)^2 + \tfrac{1}{2}r\,(b-a)a$, прямоуг. $= \tfrac{1}{2}a^2r$, момен. площ. ABCD $= \tfrac{1}{6}r\,(b-a)^2 + \tfrac{1}{2}r\,(b-a)\,a + \tfrac{1}{2}a^2r = \tfrac{1}{6}r\,(b^2+ab+a^2) = Mm'$.

Подобнымъ образомъ найдемъ:

моментъ CDEF $= \tfrac{1}{6}r\,(b^2+bc+c^2) = Nn'$,

моментъ EFGH $= \tfrac{1}{6}r\,(c^2+cd+d^2) = Oo'$.

моментъ GHLM$=\frac{1}{6}r(d^2+de+e^2)=Pp'$, а потому

$$RS=\frac{\frac{1}{6}(a^2+ab+2b^2+bc+2c^2+cd+2d^2+de+e^2)}{\frac{1}{2}a+b+c+d+\frac{1}{2}e}$$

$$=\frac{\frac{1}{6}(a^2+ab+bc+cd+de+e^2)+\frac{1}{3}(b^2+c^2+d^2)}{\frac{1}{2}a+b+c+d+\frac{1}{2}e}..(b)$$

По формулѣ (a) можно опредѣлить отстояніе центра тяжести площади отъ одной изъ крайнихъ ординатъ, а формула (b) покажетъ отстояніе того же центра отъ оси кривой линіи.

§ 34. Пусть требуется опредѣлить положеніе центра тяжести какой либо ватерлиніи ABCD. Для этого должно провести равноотстоящія ординаты, такъ, чтобъ части BE, EF, FG и проч. кривой линіи, между ними заключенныя, можно принять за прямыя линіи. Обыкновенно при чертежахъ за ординаты принимаютъ проекціи прямыхъ шпангоутовъ, проведенные не по произволу, а имѣющіе каждый свое мѣсто по длинѣ судна, отъ чего въ носу и въ кормѣ, каждой ватерлиніи, образуются треугольники, какъ ABH и CDK. Черт. 4.

Помощію формулы (a), § 33, можно опредѣлить отстояніе центра тяжести площади BHCK отъ ординаты BH, положимъ, что оно равно α=HL. Чтобы найти положеніе центра тяжести всей площади ABCD, возьмемъ моменты площадей ABH, BHCK и CKD отъ средины M длины грузовой ватерлиніи. Пусть

HM = Z, MK = Z′, KD = K, AH = L, ABH = Q, HBKC = A, CDK = Q′, будетъ:

$$ABCD.\ ML = A\,(HL - HM) + Q'\,(KM + \tfrac{1}{3}\,KD) - Q\,(HM + \tfrac{1}{3}\,AH), \text{ или}$$

$$= A\,(a - z) + Q'(z' + \tfrac{1}{3}\,k) - Q(z + \tfrac{1}{3}\,l),$$

откуда $ML = \dfrac{A(a-z) + Q'(z' + \frac{1}{3}k) - Q(z + \frac{1}{3}l)}{Q + A + Q'} \ldots (c).$

Если же точка L находится по другую сторону точки M, тогда

$$ABCD.ML' = A(z - a) + Q(z + \tfrac{1}{3}l) - Q'(z' + \tfrac{1}{3}k), \text{ и}$$

$$ML' = \frac{A(z-a) + Q(z + \frac{1}{3}l) - Q'(z' + \frac{1}{3}k)}{Q + A + Q'} \ldots (c')$$

Черт. 5. § 35. Положимъ, что ABC представляетъ линію горизонтальныхъ сѣченій; ординаты ея AC, DE, FG будутъ изображать площади соотвѣтствующихъ ватерлиній. Отстояніе центра тяжести площади этой линіи отъ прямой AC, равное отстоянію центра величины отъ грузовой ватерлиніи, найдется по формулѣ (a) § 33, т. е.:

$$g = \frac{r\left(\frac{1}{6}W + (I) + 2(II) + 3(III) + \cdots \frac{3n-4}{6}K\right)}{\frac{1}{2}W + (I) + (II) + (III) + \ldots\ \frac{1}{2}K}$$

Здѣсь W представляетъ площадь грузовой ватерлиніи; (I), (II), (III)... площади прочихъ ватерлиній; K—площадь верхней грани киля; n—число ординатъ.

Эта формула представляетъ отстояніе

центра величины судна, не принимая въ разсужденіе вмѣстительности киля. Чтобы имѣть точнѣйшую формулу, положимъ, что D' представляетъ вмѣстительность судна съ килемъ, g' — отстояніе центра величины, K' — вмѣстительность киля, k — отстояніе центра тяжести киля отъ грузовой ватерлиніи, будетъ $D'g' = Dg + K'k$, откуда $g' = \frac{Dg + K'k}{D'}$. — Впрочемъ вмѣстительность киля весьма мала въ сравненіи съ цѣлою вмѣстительностью судна, и потому неможетъ произвести чувствительной погрѣшности въ положеніи центра величины. Всегда можно употреблять первую формулу, т. е. чтобы опредѣлить отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи, должно взять $\frac{1}{6}$ *часть площади грузовой ватерлиніи; придать къ ней сумму промежуточныхъ ватерлиній, умноженныхъ на по порядку слѣдующія натуральныя числа на* 1, 2, 3, 4 *и т. д. до послѣдней ватерлиніи; площадь верхней грани киля умножить трекратнымъ числомъ ватерлиній безъ четырехъ, раздѣленныхъ на 6-ть. Произшедшій выводъ раздѣлить на полусумму площадей грузовой и верхней грани киля вмѣстѣ съ суммою промежуточныхъ ватерлиній и умножить на разстояніе между ватерлиніями.*

§ 36. Отстояніе центра величины отъ средины можетъ быть опредѣлено по формулѣ (с).

$$s = \frac{A(\alpha - z) + Q'(z' + \frac{1}{3}k) - Q(z + \frac{1}{3}l)}{Q + A + Q'},$$

гдѣ A представляетъ вмѣстительность судна между послѣдними въ носу и въ кормѣ шпангоутами; Q, Q'—отсѣки отъ послѣднихъ шпангоутовъ, къ носу и къ кормѣ; z—отстояніе послѣдняго кормоваго шпангоута отъ средины грузовой ватерлиніи; z'—отстояніе носоваго шпангоута отъ той же средины; k, l — отстояніе послѣднихъ шпангоутовъ отъ концовъ грузовой ватерлиніи; α — отстояніе центра тяжести вмѣстительности A отъ послѣдняго кормоваго шпангоута.

Количества z, z', Q, Q', A уже извѣстны; что же касается до количества α, то его можно опредѣлить по формулѣ (a) § 33, вставляя вмѣсто количествъ a, b, c, d и проч. площади шпангоутовъ.

§ 37. Во всѣхъ изысканіяхъ о центрѣ величины, по способу равноотстоящихъ ординатъ, мы принимали части кривой линіи, заключенныя между смежными ординатами, за прямыя линіи; — предположеніе, котораго, по справедливости, допустить нельзя, ибо какъ бы не было мало разстояніе между ординатами, всегда остаются нѣкоторыя пространства, между дугами кривой линіи, въ ординатахъ и соотвѣтствующими имъ хордами, измѣняющія положеніе центра тяжести и величи-

ну площади, особенно, если разстоянія между ординатами значительны.

Чтобы найти способъ опредѣлять центръ величины болѣе точный, положимъ, что части кривой линіи, содержимыя въ трехъ ординатахъ, суть параболы 2-й степени.

Пусть будетъ кривая линія BS; раздѣлимъ ее равноотстоящими ординатами AB, CD, EF и проч., такъ, чтобъ части ее, содержимыя въ трехъ ординатахъ AB, CD, EF, можно принять за параболу 2-й степени.

Проведемъ BF; чрезъ это криволинейная площадь ABDFE раздѣлится на параболическій отсѣкъ BDF и трапецію ABEF. — Возьмемъ моменты ихъ отъ прямой AB.

Площадь трапеціи ABEF $= (a+c)$r.

Отстояніе центра тяжести той же трапеціи отъ ординаты AB$=\frac{a+2c}{a+c}\frac{2}{3}$r.

Моментъ трапеціи$=(a+c)$r$.\frac{a+2c}{a+c}.\frac{2}{3}r=\frac{2}{3}r^2(a+2c)$.

Положимъ, что парабола отнесена къ косоугольнымъ координатамъ DH$=x$,HF$=y$,будетъ:

Площадь HDF $=\frac{2}{3}xy$ *sin.* φ, гдѣ φ — уголъ, составляемый осями x,y. Площадь BDFH$=$ $\frac{4}{3}$ xy *sin.* φ;

но $x=$HD$=$CD$-$CH$=b-\frac{1}{2}(a+c)$; также HK$=$ r $=$ FH. *sin.* $\varphi = y$. *sin.* φ. Вставляя вмѣсто равныхъ равныя, получаю:

Площ. BDFH $= \frac{4}{3} xy \sin. \varphi = \frac{4}{3} [b - \frac{1}{2}(a+c)] r$

$= \frac{2}{3} r (2b - a - c).$

Отстояніе центра тяжести этой площади отъ ординаты AB равно r.

Моментъ площади BDFH $= \frac{2}{3} r^2 (2b - a - c).$

Слѣдовательно моментъ криволинейной трапеціи ABDFE. $x = \frac{2}{3} r^2 (2b - a - c) + \frac{2}{3} r^2 (a + 2c)$

$= \frac{2}{3} r^2 (2b + c)$, и

$$x = \frac{\frac{2}{3} r^2 (2b+c)}{ACHDK} = \frac{\frac{2}{3} r^2 (2b+c)}{\frac{1}{3} r (a+4b+c)} = \frac{r(4b+2c)}{a+4b+c}$$

Подобнымъ образомъ найдется отстояніе центра тяжести, слѣдующей криволинейной трапеціи отъ ординаты EF $= \frac{r(4d+2e)}{c+4d+e}$, или

отъ ординаты AC $= \frac{r(4d+2e)}{c+4d+e} + 2r$

$= \frac{r(2c+12d+4e)}{c+4d+e}$, моментъ той же трапеціи

$$= \frac{r(2c+12d+4e)}{c+4d+e} . \frac{1}{3} r (c+4d+e)$$

$$= \frac{1}{3} r^2 (2c+12d+4e)$$

Сумма моментовъ обѣихъ криволинейныхъ трапецій равна моменту всей площади, т. е.:

$$SX = \frac{2}{3} r^2 (2b+c) + \frac{1}{3} r^2 (2c+12d+4e)$$

$$= \frac{1}{3} r^2 (4b+4c+12d+4e), \text{ и}$$

$$X = \frac{\frac{1}{3} r^2 (4b+4c+12d+4e)}{S} = \frac{r(4b+4c+12d+4e)}{a+4b+2c+4d+e}$$

или:

$$X = \frac{r(0.a+1.4b+2.2c+3.4d+4e).}{a+4b+2c+4d+e}$$

Помощію этой формулы можетъ быть найдено отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи, стоитъ только вмѣсто количествъ *a*, *b*, *c*, *d* и проч. поставить площади ватерлиній.

$$\text{т. е.}\ldots g = \frac{r[0.W+1.4(I)+2.2(II)+3.4(III)+4.(IV)]}{W+4(I)+2(II)+4(III)+(IV)}$$

О центрѣ тяжести.

§ 38. Имѣя образованіе подводной части, или зная только главныя размѣренія судна и водоизмѣщеніе, помощію изложенныхъ выше правилъ легко можно опредѣлить положеніе центра величины. Но опредѣленіе центра тяжести судна прежде его построенія сопряжено съ величайшею трудностію. Между тѣмъ знать положеніе этого центра, во многихъ случаяхъ столь важно, и такъ тѣсно сопряжено съ качествами корабля, что необходимо нужно имѣть какой либо способъ для рѣшенія этого вопроса, основанный на правилахъ вѣрныхъ и удобоисполнимыхъ на дѣлѣ.

Трудность въ опредѣленіи мѣста центра тяжести, при сочиненіи чертежа, зависитъ отъ образованія судна, его постройки и вообще отъ множества предметовъ, входящихъ въ составъ вооруженія и груза, изъ коихъ многіе не имѣютъ постояннаго своего мѣста.

§ 39. Всѣ вообще суда строются совершенно равнообразно въ разсужденіи нѣкоторой плоскости, проходящей чрезъ средину киля, стема и старнпоста; эту плоскость называютъ *діаметральною*. Она должна быть вертикальна.

Ясно видно, что центръ тяжести долженъ находиться въ діаметральной плоскости, потому, что въ противномъ случаѣ судно будетъ само собою крениться на бокъ.

Выше доказано, что для покойнаго положенія судна на водѣ нужно, чтобы центръ тяжести и центръ величины находились на одной вертикальной линіи. Слѣдовательно, найдя помощію изложенныхъ выше правилъ центръ величины и проведя чрезъ него вертикальную линію, будемъ имѣть положеніе центра тяжести по длинѣ судна.

Опредѣлить мѣсто центра тяжести по третьему размѣренію — по вышинѣ — весьма трудно прежде построенія судна. Много предлагали для этого способовъ теоретическихъ и практическихъ, но всѣ они болѣе или менѣе не точны. Самый вѣрный изъ нихъ, и впрочемъ самый утомительный, состоитъ въ изчисленіи моментовъ всѣхъ частей корабельнаго груза, оснастки, парусовъ и проч. въ разсужденіи горизонтальной плоскости.

Всего приличнѣе избрать за плоскость моментовъ грузовую ватерлинію, и сыскать особенно вѣсъ каждаго члена судна, мачтъ, парусовъ, якорей и проч., и отстоянія ихъ центровъ тяжести отъ данной плоскости.

Всѣ части, составляющія корабль, можно раздѣлить на два рода: центръ тяжести первыхъ находится выше, а другихъ—ниже грузовой ватерлиніи.

Пусть p, p', p'' и проч. представляютъ вѣсъ тѣлъ, лежащихъ выше грузовой ватерлиніи; q, q', q'', q''' и проч. — вѣсъ тѣлъ ниже той же линіи. Отстоянія центровъ тяжести первыхъ отъ грузовой ватерлиніи будутъ x, x', x'' и проч., а послѣднихъ y, y', y'' и проч.

Отстояніе центра тяжести судна отъ грузовой ватерлиніи будетъ:

$$x = \frac{px + p'x' + p''x'' + \ldots - (qy + q'y' + q''y'' + \ldots)}{p + p' + p'' + \ldots + q + q' + q'' + \ldots}$$

Положительная или отрицательная величина количества x покажетъ выше или ниже грузовой ватерлиніи центръ тяжести находится.

§ 40. Неоспоримо, что этотъ общій способъ труденъ и по многосложности своей легко подвергается погрѣшностямъ; но трудность не есть невозможность, если бы всѣ части груза военныхъ судовъ и мѣсто ихъ

приведены были въ извѣстность, тогда бы это можно было исполнить гораздо легче.

Чтобъ доказать возможность исполнить это предположеніе, считаемъ не лишнимъ привести здѣсь въ примѣръ вычисленія центра тяжести 84 пуш. корабля, произведенное воспитанниками Училища Корабельной Архитектуры въ Портсмутѣ. Ихъ можно видѣть изъ слѣдующихъ таблицъ:

ТАБЛИЦА № 11.

Названіе предметовъ, коихъ центръ тяжести выше грузовой ватерлиніи.	Величины p, p', p'' и пр. въ тоннахъ.	Величины x, x', x'' и пр. въ футахъ.	Моменты px, $p'x'$, $p''x''$ и проч.
Мачты, реи и бушпритъ	77,61	54,64	4240,6104
Такелажъ и блоки . .	58,56	56,53	3310,3968
Канаты кабельтовы и запасный такелажъ . .	40,66	0,21	8,1320
Паруса	9,04	45,80	414,0520
Длинныя пушки и корронады	241,22	11,69	2819,8618
Якори	15,50	19,10	296,0500
Гребныя суда	20,00	22,20	444,000
Камбузъ	7,00	14,00	98,000
Офицерскіе запасы . .	6,00	1,03	6,1800
Людскія койки	5,62	22,68	127,4616
Люди	37,50	6,66	227,2500
Сумма моментовъ выше грузовой ватерлиніи			11991,9746

ТАБЛИЦА № 12.

Названіе предметовъ, коихъ центръ тяжести ниже грузовой ватерлиніи.	Величин. q, q', q'' и проч. въ тоннахъ.	Величин. y, y' y''... въ футахъ	Моменты qy, q'y', q''y''....
Кузовъ	1608,13	0,842	1354,0455
Вода	170,45	9,03	1539,1635
Купорныя вещи . .	43,18	9,00	388,6200
Дрова	60,00	9,03	541,8000
Уголья	32,50	13,20	429,0000
Сухая провизія . .	46,56	9,02	419,9712
Хлѣбъ	36,90	3,36	123,9840
Вино	25,02	8,40	210,1680
Коммесарскіе припасы .	1,75	0,20	0,3500
Людскіе сундуки . .	12,77	6,50	83,0050
Артиллерійскіе снаряды .	53,29	3,87	206,2323
Порохъ	18,23	6,85	124,8755
Шкиперскіе, констапельскіе и плотничные запасы .	24,00	0,08	1,9200
Балластъ	233,59	16,50	3854,2350
Сумма моментовъ ниже грузовой ватерлиніи .			9277,3700

Въ послѣдней таблицѣ самое трудное дѣло найти центръ тяжести порожняго корпуса. Для этаго, не скучая утомительною работою, надобно искать вѣсъ и отстояніе центра тяжести каждаго наборнаго члена съ верху и съ низу грузовой ватерлиніи, особо каждаго шпангоута, брестгука, ридерса, обшивки бимса и проч. Такимъ образомъ получимъ вѣсъ всего корпуса или кузова 84 пуш. корабля 1608,13; отстояніе центра тяжести его отъ грузовой 0,842, и моментъ 1354,0455. Подобно найдется и вѣсъ прочихъ частей груза.

Изъ суммы надводныхъ моментовъ, вычитая сумму подводныхъ, и раздѣливъ разность на все водоизмѣщеніе корабля, получимъ отстояніе центра тяжести отъ грузовой ватерлиніи вверхъ:

$$= \frac{11991,9746 - 9277,37}{2885,084} = 0,9409 \text{ фута.}$$

Подобное изчисленіе, сдѣланное одинъ разъ, съ надлежащею точностію и для другихъ военныхъ судовъ могло бы служить съ пользою для опредѣленія мѣста центра тяжести, при сочиненіи чертежей, и доставило бы Корабельной Архитектурѣ великую услугу.

Когда судно въ морѣ, тогда центръ тяжести его можно опредѣлить гораздо легче.— Объ этомъ будетъ въ слѣдующей главѣ.

ГЛАВА IV.

Объ остойчивости.

§ 41. Всѣ вообще суда строются такъ, чтобъ могли плавать въ одномъ только положеніи, а именно, когда діаметральная плоскость и мидель — шпангоутъ — вертикальны. — Различныя силы, дѣйствующія на судно въ морѣ, измѣняютъ прямое его положеніе и заставляютъ наклоняться на бокъ, на носъ и на корму. — Для успѣшнаго плаванія нужно, чтобы эти наклоненія были не велики, и чтобы наклонное судно съ самою большею скоростію могло принимать опять прямое положеніе.

Первое и главнѣйшее условіе таковаго положенія, какъ мы видѣли изъ § 28, чтобъ центръ тяжести и центръ величины находились на одной вертикальной линіи; но одного этаго условія еще недостаточно для доставленія судну на водѣ прямаго положенія.

Возьмемъ въ примѣръ цилиндръ, коего ось вдвое больше діаметра основанія; погрузимъ его въ воду, такъ, чтобъ ось была верти-

кальна, т. е. чтобы центры находились на одной вертикальной линіи. Тогда цилиндръ, предоставленный самъ себѣ, упадетъ и приметъ положеніе, въ которомъ ось его горизонтальна. Напротивъ того, цилиндръ, котораго ось половина діаметра основанія, погруженный въ воду, при вертикальномъ положеніи оси остается въ покоѣ, а при горизонтальномъ — падаетъ.

Отсюда видно, что покойное положеніе судна на водѣ главнѣйше зависитъ отъ различныхъ отношеній между главными размѣреніями.

§ 42. Разсмотримъ отъ какой силы наклоненное тѣло можетъ быть возстановлено.

Черт. 7. Пусть ABCD представляетъ вертикально поперечное сѣченіе какого либо тѣла; G— центръ тяжести; O— центръ величины въ прямомъ положеніи.

Положимъ, что тѣло отъ какой либо посторонней силы накренилось на нѣкоторый уголъ, такъ, что грузовая ватерлинія его AB пришла въ положеніе *ab*, и подводная часть сдѣлалась *a*CD*b*. Тогда положеніе центра тяжести G не измѣнится, а центръ величины, какъ зависящій отъ образованія подводной части, будетъ находиться въ другомъ мѣстѣ, въ нѣкоторой точкѣ H. Вертикальная линія

НК, чрезъ эту точку проходящая, называется *линія поддержанія.*

Здѣсь могутъ имѣть мѣсто три случая:

1) Когда линія поддержанія проходитъ въ той части сѣченія, которая послѣ наклоненія поднимается изъ воды. 2) Когда она совмѣщается съ вертикальною линіею GL, проходящею чрезъ центръ тяжести; и 3) когда та же линія проходитъ въ части сѣченія, погружающейся послѣ наклоненія.

Въ первомъ случаѣ сила вертикальнаго давленія и сила тяжести будутъ вращать тѣло въ сторону кренящей силы до тѣхъ поръ, пока оно перевернется и найдетъ себѣ равновѣсіе.

Во второмъ случаѣ, тѣ двѣ силы, будучи равны и прямопротивны — разрушатся и не будутъ препятствовать кренящей силѣ, увеличивать наклоненіе тѣла.

Наконецъ, въ третьемъ случаѣ, сила тяжести и вертикальное давленіе воды будутъ вращать тѣло въ сторону, противную наклоненію, до тѣхъ поръ, пока приведутъ его въ прямое положеніе.

Отсюда происходятъ три рода равновѣсія, въ коемъ плавающее тѣло можетъ находиться:

1) *Равновѣсіе остойчивое*—когда тѣло, будучи наклонено какою либо посторонneю си-

лою, само собою возстановляется, по отнятіи кренящей силы.

2) *Равновѣсіе неостойчивое*, при коемъ тѣло (хотя бы и центры его находились на одной вертикальной линіи) при наклоненіи упадаетъ. — Этотъ родъ равновѣсія сходствуетъ съ тѣмъ, когда иголка или другое тѣло будетъ поставлено на гладкой горизонтальной поверхности.

3) Третій родъ равновѣсія, въ коемъ *остойчивость* оканчивается и начинается *валкость*, называется *безучастнымъ*; здѣсь сила вертикальнаго давленія воды и тяжесть нисколько не противодѣйствуютъ кренящей силѣ наклонять тѣло.

Итакъ чтобъ плавающее судно имѣло на водѣ равновѣсіе остойчивое, линія поддержанія должна проходить по ту сторону діаметральной плоскости, которая послѣ наклоненія погружается.

§ 43. Когда судно имѣетъ на водѣ равновѣсіе остойчивое, и если какая либо посторонняя сила уклонитъ его отъ прямаго положенія, то сила вертикальнаго давленія воды, сопротивляющаяся такому наклоненію, называется *силою остойчивости* или просто *остойчивостію*.

Опыты показываютъ, что иныя плавающія тѣла легче кренятся, нежели другія; и что нѣ-

которыя изъ нихъ скорѣе приходятъ въ первоначальное положеніе противъ другихъ.—Такое различіе въ особенности примѣчательно въ мореходныхъ судахъ, въ коихъ недостатокъ остойчивости ослабляетъ и всѣ другія качества.

Многіе математики старались изыскать правила, чрезъ которыя бы можно было опредѣлять остойчивость кораблей, зная только главныя ихъ размѣренія и водоизмѣщеніе. Изысканіями объ этомъ предметѣ мы въ особенности обязаны Гг. Бугеру, Эйлеру, Чапману и Клербуа. Всѣ они опредѣляли остойчивость кораблей на томъ предположеніи, что уголъ наклоненія неизмѣримо малъ. Но какъ корабли въ морѣ наклоняются до 10°, 20° и даже 30°, то раждается сомнѣніе могутъ ли изысканія, основанныя на такомъ предположеніи, быть допущены въ самой практикѣ, когда углы наклоненія столь велики.

Два корабля тѣхъ же размѣреній, но различныхъ образованій, имѣющіе одинаковую остойчивость при малѣйшемъ углѣ наклоненія, будутъ много разнствовать между собою на самой практикѣ, когда уголъ наклоненія 10° и 15°.

Г. Атвудъ, желая, чтобы правила, найденныя для опредѣленія остойчивости, можно было приложить и въ тѣхъ случаяхъ, когда уголъ наклоненія имѣетъ какую либо опре-

дѣленную величину, вывелъ формулу для найденія остойчивости судна при произвольномъ углѣ наклоненія. — Прежде нежели покажемъ выводъ этой формулы, разсмотримъ въ какомъ положеніи судна остойчивость будетъ болѣе и когда менѣе.

§ 44. Плавающее тѣло отъ дѣйствія кренящей силы всегда вращается около одной изъ горизонтальныхъ осей, проходящихъ чрезъ центръ тяжести. Положеніе этихъ осей будетъ зависѣть отъ дѣйствія и мѣста приложенія кренящей силы.

Остойчивость тѣла, при обращеніи его около тѣхъ осей, бываетъ различна, и потому должна имѣть наибольшую и наименьшую величину. Также, если тѣло имѣетъ достаточную остойчивость при наименьшей величинѣ ея, то во всякомъ другомъ случаѣ остойчивость тѣла будетъ болѣе. И потому опредѣлимъ остойчивость въ разсужденіи той оси, при которой она имѣетъ наименьшую величину.

Опытъ показываетъ, что всякое тѣло, будучи погружено въ воду, нѣкоторое время безъ дѣйствія посторонней силы колеблется, обращаясь около одной оси.— Ясно, что способность тѣла вращаться около этой оси будетъ наибольшая, а остойчивость наименьшая.

Возьмемъ для примѣра четырегранный дере-

вянный брусъ, коего длина гораздо болѣе ширины; погрузимъ его въ воду, такъ, чтобъ одна изъ граней была горизонтальна.— Въ этомъ случаѣ брусъ самъ собою будетъ вращаться около оси длины. Отсюда заключать можно вообще, что остойчивость въ разсужденіи оси длины наименьшая, а въ разсужденіи оси ширины наибольшая.— Впрочемъ это въ строгости докажется въ послѣдствіи.

§ 45. Опредѣлимъ остойчивость въ разсужденіи оси длины. Положимъ, что тѣло совершенно равнообразно въ разсужденіи діаметральной плоскости, и что сѣченія его, перпендикулярныя къ оси длины, суть равныя и подобныя площади. Тогда остойчивость всего тѣла будетъ пропорціональна остойчивости одного изъ сѣченій.

Пусть ABCD одно изъ таковыхъ сѣченій; AB— линія углубленія; G— центръ тяжести; O— центръ величины; OGK— проекція діаметральной плоскости. Положимъ, что тѣло отъ дѣйствія посторонней силы накренилось до угла BXb, такъ, что линія углубленія пришла въ положеніе ab. Тогда подводная часть будетъ abCD; центръ величины перейдетъ въ H и линія поддержанія будетъ HK. Черт. 7.

Производная сила вертикальныхъ давленій воды на подводную часть проходитъ по направленію HK (§ 42). Если D представляетъ

величину этой производной или водоизмѣщеніе, то D. GZ будетъ моментъ силы, приводящей тѣло въ прямое положеніе.

При постоянной величинѣ водоизмѣщенія D, этотъ моментъ увеличивается или уменьшается пропорціонально GZ.— Вотъ причина, по которой разстояніе GZ называется *мѣрою остойчивости.*— Опредѣлимъ величину этой мѣры.

Вѣсъ тѣла отъ наклоненія не измѣнился, слѣдовательно величина погруженныхъ частей ACDB и aCDb одинаковъ, а потому, гдѣ бы точка x не находилась, всегда вышедшій изъ воды треугольникъ AaX равенъ погруженному треугольнику XbB.— Пусть точки n и m центры тяжести этихъ треугольниковъ; проведемъ mp, nq.

Изъ Механики извѣстно, что ежели изъ системы тѣлъ, *положеніе одного перемѣнится*, то разстояніе, перейденное центромъ тяжести всей системы, относится къ разстоянію, пройденному центромъ тяжести передвинутаго тѣла, какъ вѣсъ передвинутаго тѣла къ вѣсу всей системы тѣлъ (*).

Черт. 8. (*) Пусть A, B, C, D и проч. система тѣлъ, коихъ сумма=R; разстоянія ихъ до оси моментовъ KL,— суть: a, b, c, d—точка, G— центръ тяжести всѣхъ тѣлъ или точка, къ которой *приложена производная*

Въ настоящемъ случаѣ величина подводной части ABCD можетъ быть принята за систему тѣлъ, коихъ общій центръ тяжести въ точкѣ O. Одно изъ тѣлъ A*a*X, во время наклоненія, перешло въ положеніе X*b*B, а центръ тяжести его по горизонтальному направленію прошелъ разстояніе *pq*. Центръ тяжести всей системы по тому же направленію перешелъ пространство OM, и потому будетъ:

$$OM : pq = AaX : ABCD : abCD, \text{ откуда}$$

$$OM = \frac{pq.\ AaX}{ABCD}, \text{ но } GZ = TM = OM - OT,$$

и $OT = GO.\ sin.\ OGT$; слѣдовательно

$$GZ = \frac{pq.\ AaX}{ABCD} - GO.\ sin.\ OGT.$$

сила R; отстояніе этой силы отъ оси KL равно r. Изъ теоріи моментовъ извѣстно, что

$$r = \frac{Aa + Bb + Cc + Dd + \dots}{R}$$

Положимъ, что тѣло C перешло по направленію CC′ въ нѣкоторую точку C′, такъ, что отстояніе его до оси моментовъ сдѣлалось c′. Центръ тяжести всей системы также перейдетъ въ нѣкоторую точку G′, коей отстояніе отъ оси моментовъ = x; будетъ

$$x = \frac{Aa + Bb + Cc' + Dd + \dots}{R}, \text{ откуда}$$

$$x - r = \frac{Cc' - Cc}{R} = \frac{C(c' - c)}{R},$$

$$(x - r)R = C(c' - c) \text{ и } x - r : c' - c = C : R.$$

Вотъ выраженіе мѣры остойчивости сѣченія ABCD.

Чтобы найти мѣру остойчивости самаго тѣла, должно вмѣсто площадей ABCD и AaX вставить вѣсъ подводной части D и вѣсъ тѣла, заключеннаго между плоскостями, проходящими чрезъ bX и BX, и бокомъ Bb. Послѣдній вѣсъ означимъ чрезъ A. Также пусть въ этомъ случаѣ $pq=b$, $OG=g$, уголъ $OGT=\vartheta$; отъ чего мѣра остойчивости всякаго тѣла:

$$GZ=\frac{b.\ A}{D}-g.\,sin.\,\vartheta;\ \text{но}\ A=K.\ V,\ \text{и}\ D=K.\ U,$$

гдѣ K— удѣльный вѣсъ воды, V и U— вмѣстительности тѣлъ, коихъ вѣсъ A, D. Отсюда

$$GZ=\frac{b.\ V}{U}-g.\,sin.\,\vartheta\ \ldots.\ (1).$$

§ 46. Положимъ, во-первыхъ, что тѣло
Черт. 9. имѣетъ видъ параллелепипеда, коего длина$=L$, ширина $AB=2B$, глубина $AC=H$.

Будетъ $V=L$. площ. $bXB=\frac{1}{2}L.\ BX.\ Bb$; но $Bb=BX\ tang.\,\vartheta$, или $Bb=B.\ tang.\,\vartheta$; отъ чего $V=\frac{1}{2}LB.^2\ tang.\,\vartheta$.

Разстоянія между центрами тяжести тѣлъ aAX и BbX, по направленію $ab(=2B')$, будетъ $=2cx=2(dx-cd)$.

Изъ треугольниковъ Xdc и BEX видно, что $dc=\frac{2}{3}bE=\frac{1}{3}Bb=\frac{1}{3}B\ tang.\,\vartheta$; и потому $Cd=dc.\,sin.\,\vartheta=\frac{1}{3}B\ tang\,\vartheta.\,sin.\,\vartheta=\frac{1}{3}B.\,sin.^2\vartheta.\,sec.\,\vartheta$.

Также $dX = \frac{2}{3}\frac{B}{cos.\varphi}$, слѣдовательно

$$pq = 2cX = 2(dX - cd) = 2\left(\frac{2B}{3.cos.\varphi} - \frac{1}{3}B.sin.^2\varphi.sec.\varphi\right),$$

или $2cX = \frac{1}{3}(2.sec.\varphi - sin.^2\varphi.sec.\varphi)B$ — разстояніе, перейденное центромъ тяжести тѣла, погрузившагося послѣ наклоненія.

Вставляя эти величины въ общую формулу остойчивости (§ 45), получимъ:

$$GZ = \frac{2(2.sec.\varphi - sin.^2\varphi.sec.\varphi)B}{3U}\frac{1}{4}B^2L.tang.\varphi - \frac{1}{2}H.sin.\varphi.$$

$$\left(\frac{B^3E}{3U}(2 - sin.^2\varphi)\frac{1}{cos.^2\varphi} - \frac{1}{2}H\right) sin.\varphi.$$

2) Пусть стороны тѣла AC, BD, AE, BF уклонены въ наружу, выше и ниже линіи углубленія AB.

Уголъ $ABD = ABF = \alpha$, ширина $AB = 2B$, вмѣстительность тѣла $= U$, уголъ крена $bXB = \varphi$, уголъ $BbX = [180° - (\alpha + \varphi)] = \beta$.

Въ треугольникѣ XbB имѣемъ

$$XB : Bb = sin.\,BbX : sin.\,bXB, \text{ откуда}$$

$$Bb = \frac{XB.sin.\,bXB}{sin.\,BbX} = \frac{B.\,sin.\varphi}{sin.\,\beta}.$$

Площадь $XbB = \frac{1}{2}XB.bK$; но $bK = bB.\,sin.\,bBK$

$$= \frac{B.\,sin.\,\varphi.\,sin.\,\alpha}{in.\,\beta}$$

$$\text{Площадь } XbB = \frac{B^2\,sin.\,\varphi.\,sin.\,\alpha}{2.\,sin.\,\beta},$$

$$V = L.\text{ Площ. } XbB = \frac{B^2L.\,sin.\,\varphi.\,sin.\alpha}{2.\,sin.\,\beta}.$$

Разстояніе $b=2cX=2(dX-cd)$;

но $cd=de.\cos.\varepsilon$;

$$de=\tfrac{1}{3}Bb=\frac{B.\sin.\vartheta}{3.\sin.\varepsilon}, \text{ отъ чего } cd=\frac{B.\sin.\vartheta.\cos.\varepsilon}{3\sin.\varepsilon}$$

$$=\tfrac{1}{3}B.\sin.\vartheta.\mathrm{cotang}.\varepsilon$$

$$Xd=\frac{2B.\sin.\alpha}{3.\sin.\varepsilon}; \text{ слѣдовательно}$$

$$b=2cX=\tfrac{2}{3}B\left[\frac{2\sin.\alpha}{\sin.\varepsilon}-\sin.\vartheta\ \mathrm{cotang}.\varepsilon\right].$$

Вставляя найденныя величины въ формулу остойчивости, имѣемъ:

$$GZ=\frac{2B}{3U}\left[\frac{2\sin.\alpha}{\sin.\varepsilon}-\sin.\vartheta.\mathrm{cotang}.\varepsilon\right]\frac{B^2L\sin.\vartheta.\sin.\alpha}{2\sin.\varepsilon}-$$
$$sh\sin.\vartheta$$

$$=\left[\frac{B^3L}{3U.\sin.^3\varepsilon}\left(2-\frac{\sin.\vartheta.\cos.\varepsilon}{\sin.\alpha}\right)\sin.^2\alpha-sh\right]\sin.\vartheta.$$

Положивъ $\alpha=90°$, это выраженіе превратится въ

$$GZ=\left[\frac{B^3L}{3U}(2-\sin.^2\vartheta)\frac{1}{\cos.^2\vartheta}-\tfrac{1}{2}H\right]\sin.\vartheta. \text{ выраже-}$$

ніе, которое найдено выше.

Черт. 11. 3) Когда стороны тѣла выше и ниже линіи углубленія уклонены внутрь, на уголъ δ, то подобнымъ образомъ найдемъ:

$$GZ=\left[\frac{B^3L}{3U}\left(2-\frac{\sin.\vartheta\cos.\varepsilon'}{\sin.\delta}\right)\frac{\sin.^2\delta}{\sin.^3\varepsilon'}-nH'\right]\sin.\vartheta,$$

гдѣ глубина H' будетъ болѣе, нежели h и H; nH' представляетъ отстояніе центра величины отъ прямой AB.

§ 47. Сравнимъ мѣры остойчивости разсматриваемыхъ тѣлъ.

Величина GZ во всѣхъ трехъ тѣлахъ равна разности двухъ количествъ; въ томъ изъ нихъ она имѣетъ наибольшую величину, въ которомъ первый членъ наибольшій, а второй наименьшій.

Количество $\frac{B^2L}{3U}$ входитъ множителемъ перваго члена во всѣхъ выраженіяхъ; и потому, при одинаковыхъ размѣреніяхъ тѣлъ, увеличеніе того члена будетъ зависѣть отъ другихъ, входящихъ въ него величинъ:

$$1)\ \frac{2-\sin.^2\varphi}{\cos.^2\varphi} \qquad 2)\ \left(2-\frac{\sin.\varphi.\cos.\beta}{\sin.\alpha}\right).\ \frac{\sin.^2\alpha}{\sin.^2\beta}$$

$$3)\ \left(2-\frac{\sin.\varphi.\cos.\beta'}{\sin.\delta}\right)\ \frac{\sin.^2\delta}{\sin.^2\beta'}$$

Разсматривая эти выраженія, видимъ, что *второе* изъ нихъ имѣетъ наибольшую величину; *первое*—менѣе, и наконецъ, *третье* —самое меньшее. Чтобъ болѣе въ томъ убѣдиться, приложимъ примѣръ:

Пусть $\varphi=20°$, $\alpha=120°$, $\delta=60°$, будетъ $\beta=40°$, $\beta'=100°$.

Когда стороны уклонены въ наружу:

$\log.\ \sin.\ \varphi=\bar{1},53405$

$\log.\ \cos.\ \beta=\bar{1},88425$

$\bar{2},41830$

$\log.\ \sin.\ \alpha=\bar{1},93753$

$\beta=\bar{1},48077$

$\frac{\sin.\varphi.\cos.\beta}{\sin.\ \alpha}=0,3025$

$2-\frac{\sin.\varphi.\cos.\beta}{\sin.\ \alpha}=1,6975$

$\log.\ \sin.^2\alpha=\bar{1},87506$

$\log.\ \sin.^2\beta=\bar{1},61614$

разность$=0,25892$

$$\frac{sin.^2 \alpha}{sin.^2 в}=1{,}815;\left(2-\frac{sin.\,\varphi\, cos.\, в}{sin.\alpha}\right)\frac{sin.^2\alpha}{sin.^2 в}=3{,}08.$$

2) Когда тѣло паралелепипедъ, т. е. $\alpha=90°$, $log.\ sin.^2\varphi=\bar{1},06810$, $sin.^2\varphi=0{,}117$, $2-sin.^2\varphi=1{,}883$, $log.cos.^2\varphi=\bar{1},94598'$, $log.\frac{1}{cos.^2\varphi}=0{,}05402$; $\frac{1}{cos.^2 в}=1{,}135.$

$$\left(2-sin.^2 в\right)\frac{1}{cos.^2 в}=2{,}135.$$

3) Когда стороны уклонены внутрь,

$$2-\frac{sin.в.cos.в'}{sin.\delta}=2{,}068,\quad \frac{sin.^2\delta}{sin.^2 в}=0{,}7735,$$

$$\left(2-\frac{sin.в.cos.в'}{sin.\delta}\right)\frac{sin.^2\delta}{sin.^2 в}=1{,}599.$$

Слѣдовательно первый членъ остойчивости будетъ болѣе въ томъ тѣлѣ, у котораго стороны уклонены въ наружу.

Полагая, что водоизмѣщенія всѣхъ трехъ тѣлъ равны; второй членъ, представляющій отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи, будетъ имѣть наибольшую величину въ третьемъ случаѣ, т. е. когда стороны уклонены внутрь; а наименьшую, — въ первомъ, когда стороны уклонены въ наружу.

Все это показываетъ, что мѣра остойчивости перваго тѣла будетъ наибольшая.

Отсюда происходитъ первое правило для остойчивости кораблей; чтобы *обводы шпангоутовъ выше и ниже грузовой ватерлиніи не уклонять внутрь* (*), *до наибольшаго угла наклоненія, и въ этомъ мѣстѣ не обра-*

(*) Случай, въ которомъ бока уклонены въ наружу, не можетъ быть приложенъ къ строенію мореходныхъ судовъ, ибо такое образованіе вредитъ прочимъ качествамъ

зовывать ихъ дугами круга, ибо чѣмъ больше этотъ уклонъ, тѣмъ меньше остойчивость; это мы видѣли изъ перваго случая.

§ 48. Займемся теперь опредѣленіемъ мѣры остойчивости корабля, или какого либо судна. Предположимъ, во-первыхъ, что вертикально поперечныя сѣченія равны и подобны.—BOA— Черт. 12.
представляетъ одно изъ таковыхъ сѣченій, ограниченное кривою линіею правильною.

AB — верхняя или грузовая ватерлинія въ прямомъ положеніи.

Прямую BA раздѣлимъ пополамъ въ точкѣ D и проведемъ NDM, составляющую съ AB уголъ ADM=φ. Здѣсь могутъ быть два случая, или прямая NDM будетъ ватерлиніею въ наклонномъ положеніи судна, или нѣтъ. Первый случай имѣетъ мѣсто, когда площ. DMA =DBN; но когда эти площади неравны, наприм. DMA больше DBN, то ватерлинія, въ наклонномъ положеніи, пройдетъ чрезъ нѣкоторую точку S, и отдѣлитъ площ. BCS=площ. AHS.

Найдемъ DS.

Пусть каждая изъ площадей BCS и AHS=A; DMHS=M; NDSC=N, то площ. ADMH=M+A, площ. BDN=A—N, разность ихъ будетъ M+N=площ. NCMH. Принимая эту площадь за прямоугольникъ, имѣемъ площ. NCMH=MN.DY =M+N, откуда $DY=\frac{M+N}{MN}=\frac{E}{MN}$; E=M+N.

$DY = DS . sin. \varphi$, и $DS = \frac{DY}{sin. \varphi}$ или $DS = \frac{E}{MN\ sin.\ \varphi}$

Пусть J и P центры тяжести площадей BSC, ASH; чрез (J и P) проведемъ J*k*, P*l*, перпендикулярныя къ CH; чрез *h* (*) проведемъ *h*U, а чрезъ *c*—*c*R, перпендикулярныя къ CH. Точки *h* и *c* центры тяжести параболическихъ площадей A*Hh* и *CcB*, на прямой *l*U возьму *l*L, такъ, чтобъ *l*L : *l*U = AH*h* : ASH*h*, а на прямой *k*R возьму *k*K, такъ, чтобы *k*K : *k*R = BC*c* : BSC*c*, величина KL будетъ равна *b*, или разстоянію между центрами тяжести криволинейныхъ треугольниковъ BSC*c* и ASH*h*.

Пусть G центръ тяжести; E—центръ величины въ прямомъ положеніи. Чрезъ точку E проведу EV, параллельную KL, и на EV возьму ET, такъ, чтобъ была пропорція ET : EV (= KL) = AS*h*H : COHS. Чрезъ G проведемъ GZ, параллельную CH; а чрезъ T проведемъ TZ

(*) Для опредѣленія центровъ тяжести сихъ малыхъ пространствъ, безъ большой погрѣшности, можно положить, что кривыя ограничивающія бокъ судна совмѣщаются съ дугами параболы 2-й степени; въ этомъ случаѣ центръ тяжести будетъ находиться на $\frac{2}{3}$ абциссы отъ ординаты или хорды, соединяющей концы кривой. Чтобы опредѣлить положеніе абциссы, должно провести нѣсколько хордъ, параллельныхъ данной хордѣ; прямая, раздѣляющая пополамъ эти хорды, будетъ абцисса, на которой находится центръ тяжести. Но когда площадь AHh весьма мала, какъ въ настоящемъ случаѣ, то въ выводѣ *не произойдетъ* чувствительной разности, если hU пройдетъ и чрезъ другую точку, близкую къ центру тяжести.

перпендикулярную къ GZ и пересѣкающуюся съ нею въ точкѣ Z, будетъ GZ мѣра остойчивости.

Величины ASHh, COHS могутъ быть легко опредѣлены, когда DS извѣстна. Первая состоитъ изъ площади треугольника ASH и параболическаго отсѣка HAh, и можетъ быть найдена по извѣстнымъ даннымъ AS, AH и углу ASH$=\vartheta$ (*). Послѣдняя же, т. е. COHS, опредѣлится по способу равноотстоящихъ ординатъ.

Способъ 2-й.

Пусть BOA данное вертикальное сѣченіе судна; BA—верхняя ватерлинія въ прямомъ положеніи; G—центръ тяжести; E — центръ величины въ прямомъ положеніи судна. Положимъ, что величина площади BOA найдена; чрезъ точку D, взятую на срединѣ прямой AB, проведи NDM, наклонную къ AB подъ угломъ ADM, равнымъ углу наклоненія судна. Черт. [illegible]

Если площади DBN и ADM равны между собою, то прямая ADM будетъ ватерлинія въ наклонномъ положеніи; когда неравны и разность между ними$=$E, то, какъ ви-

*) Если уголъ SAH прямой, то площ. треуг. ASH $=\frac{1}{2}AS^2 tang.\ \vartheta$; когда топъ же уголъ острый, площ. ASH$=\frac{1}{2}$AS. SH. sin. ϑ. Площ. параболическаго отсѣка AHh$=\frac{2}{3}$AH.p; гдѣ p высота отсѣка.

дѣли выше, ватерлинія CH пройдетъ чрезъ точку S, отстоящую отъ D на разстояніе

$$DS = \frac{E}{MN. \sin. ADM.}$$

На CH возьмемъ нѣсколько равноотстоящихъ ординатъ *a*, *b*, *c*, *d* и проч., къ ней перпендикулярныхъ. Пусть общее между ними разстояніе $= r$.

Принимая обводъ шпангоута за параболу, найдется площадь CLFK и *m*, центръ тяжести ея; проведемъ *m*P перпендикулярно къ CH. Также, помощію равноотстоящихъ ординатъ *a*, *b*, *c* и проч., найдемъ, какъ площадь KFOAH, такъ и отстояніе центра тяжести ея до ординаты *a*, а потому моментъ этой площади, въ разсужденіи KF, будетъ извѣстенъ—означимъ его чрезъ C*r*. Если JK представляетъ отстояніе центра тяжести площади COAH отъ KF, то по свойству моментовъ

$$JK = \frac{Cr - CLFK.\ KP}{COAH} = p.$$

На прямой KH возьмемъ $JK = p$; чрезъ точку J проведемъ JT, перпендикулярную къ CH, а чрезъ G—центръ тяжести—GZ, перпендикулярную къ JT,—будетъ GZ мѣра остойчивости, когда судно уклонено отъ прямаго положенія на уголъ ASH.

Въ обоихъ способахъ мы принимали вертикально поперечныя сѣченія за равныя и по-

добныя, и въ этомъ только случаѣ мѣра остойчивости всего судна равна мѣрѣ остойчивости каждаго изъ сѣченій. На самомъ же дѣлѣ площади вертикально поперечныхъ сѣченій, по величинѣ своей и образованію, бываютъ различны. Покажемъ, какъ найти мѣру остойчивости въ этомъ послѣднемъ случаѣ.

§ 49. Пусть требуется опредѣлить мѣру остойчивости корабля, въ коемъ даны: образованіе и величина каждаго сѣченія, положеніе центра тяжести и центра величины, въ прямомъ положеніи, и главныя размѣренія.

ВОА представляетъ одно изъ вертикальныхъ сѣченій, проходящихъ чрезъ центръ тяжести корабля; AB — ширина; CH — положеніе грузовой ватерлиніи, когда корабль уклоняется отъ прямаго своего положенія на уголъ ASH. Черт. 12.

Изъ условій вопроса ясно видно, что точка S не можетъ быть опредѣлена также, какъ въ предъидущемъ случаѣ, т. е. чтобъ площ. ASH была равна площади BSC, потому, что части корабля погружающаяся и выходящая изъ воды уже не пропорціональны этимъ площадямъ, какъ то было прежде, когда полагали всѣ вертикальныя сѣченія равными и подобными. Въ настоящемъ случаѣ, когда шпангоуты разнствуютъ какъ въ величинѣ, такъ и въ образованіи, плоскость грузовой ватер-

линіи, проходящая чрезъ CH, должна раздѣлить судно такимъ образомъ, чтобы вмѣстительность погруженнаго тѣла, заключеннаго между плоскостями, проходящими чрезъ SA, SH и бокомъ AH, была равна вмѣстительности тѣла, заключеннаго между плоскостями BS, SC и бокомъ BC. Ясно, что взаимное сѣченіе ватерлиній въ прямомъ положеніи и послѣ наклоненія, проходящее чрезъ точку S, должно быть параллельно діаметральной плоскости, т. е. разстояніе DS въ каждомъ сѣченіи будетъ одно и тоже.

Опредѣлимъ величину DS для всего корабля. Для этого нужно чрезъ точку D провести прямую NDM, наклонную къ AB подъ угломъ ADM, равнымъ данному наклоненію корабля.

Вычислимъ въ каждомъ шпангоутѣ площади ADM*h* и NDB*c*, принимая ихъ за треугольники или за параболическіе секторы. Зная эти площади, найдемъ тѣла, заключенныя между плоскостями ватерлиній ADM*h* и NDB*c* и поверхностію судна; означимъ вмѣстительность одного изъ тѣхъ тѣлъ чрезъ M, а другаго N, будетъ:

$$M=\frac{1}{3}r(Z+4P+2Q), \text{или} M=(\frac{1}{3}Z+R)r,$$

гдѣ Z сумма площадей крайнихъ треугольниковъ, P — сумма четныхъ, Q — нечетныхъ площадей тѣхъ же треугольниковъ, *r* — раз-

стояніе между шпангоутами; R — сумма площадей всѣхъ среднихъ треугольниковъ.

Если найденныя величины M и N равны, то грузовая ватерлинія въ наклонномъ положеніи пройдетъ чрезъ точку D; а когда неравны, наприм. M больше N, то та же ватерлинія пройдетъ чрезъ точку S, отстоящую отъ D на разстояніе

$$DS = \frac{M - N}{R.\sin.ADM}.$$

R представляетъ площадь грузовой ватерлиніи CH въ наклонномъ положеніи.

Когда точка S извѣстна, легко уже опредѣлить вмѣстительность тѣла, выходящаго изъ воды послѣ наклоненія, равную вмѣстительности тѣла погружающагося.—Означимъ се, какъ прежде, чрезъ V.

Теперь нужно опредѣлить количество *b*, которое представляетъ разстояніе между центрами тяжести, подводнаго и надводнаго тѣлъ по направленію CH.

Изъ точки S, къ прямой CH, возставлю перпендикуляръ FS. Найдемъ отстояніе центровъ тяжести подводнаго и надводнаго тѣлъ отъ плоскости, проходящей чрезъ прямую FS, и чрезъ взаимное пресѣченіе плоскостей ватерлиній AB, CH.

Для этаго нужно сперва опредѣлить въ каждомъ сѣченіи отстоянія центровъ тяже-

сти треугольниковъ ASH и BSC отъ плоскости FS.

Потомъ найти величину отсѣковъ, какъ ASH, заключенныхъ между каждыми двумя шпангоутами, и взять моменты ихъ въ разсужденіи FS. Чѣмъ чаще шпангоуты, тѣмъ меньше разности между разстояніемъ центра тяжести самаго отсѣка отъ FS, и разстояніемъ центра тяжести одного изъ оснований отсѣка, какъ треугольника ASH; и потому, находя моменты отсѣковъ, можно безъ малѣйшей погрѣшности множить ихъ на разстоянія центровъ тяжести треугольниковъ отъ оси FS. Сумма этихъ моментовъ, раздѣленная на величину погружающагося тѣла V, покажетъ искомое отстояніе центра тяжести его отъ FS (*).

Подобнымъ образомъ найдемъ отстояніе отъ FS, центра тяжести тѣла выходящаго изъ воды, и потому количество b, входящее въ формулу водоизмѣщенія, будетъ найдено.

Вставивъ найденныя такимъ образомъ величины въ общую формулу остойчивости, получимъ искомую мѣру остойчивости корабля,

(*) Тоже самое можно сдѣлать по формулѣ

$$X = \frac{\frac{1}{2}Aa + Bb + Cc + \ldots \frac{1}{2}Hh}{\frac{1}{2}A + B + C + \ldots\ldots + \frac{1}{2}H},$$ гдѣ A, B, C и проч.

представляютъ площади треугольниковъ a, b, c и проч., отстояніе ихъ центровъ отъ FS.

Для построенія этой мѣры нужно знать мѣсто центра тяжести, положимъ, что онъ въ точкѣ G; чрезъ G проведу GZ, параллельную CH и равную величинѣ найденной мѣры.

§ 50. Разсмотримъ теперь общую формулу остойчивости какого либо сѣченія судна:

$$GZ = \frac{b.\ V}{U} - g.\ sin.\ \varphi.$$

Пусть ширина этого сѣченія равна 2B; ширина его при грузовой линіи въ наклонномъ положеніи на уголъ φ равна 2B'; толщина отсѣка$=nL$, гдѣ n представляетъ какую либо часть длины судна L. Будетъ $V=\frac{1}{2}BB'\ nL sin.\varphi.$ $=\frac{1}{2}nLBB'.\ sin.\ \varphi.$

Основываясь на правилѣ § 47, положимъ, что бока судна до угла φ идутъ перпендикулярно къ грузовой ватерлиніи, тогда

$$b=\tfrac{2}{3}(2\ sec.\ \varphi - sin.^2\ \varphi.\ sec.\ \varphi.)\ B$$
$$=\tfrac{2}{3}B(2 - sin.^2\varphi)sec.\ \varphi\ldots\ (\S\ 46),$$

и $B' = \frac{B}{cos.\ \varphi}$, то $V=\frac{1}{2}nLB^2.\ \ tang.\ \varphi\ldots$ (a).

Вставляя эти величины, получимъ

$$GZ=\frac{\frac{1}{3}B^3nL(2-sin.^2\ \varphi)sec.\ \varphi.\ tang.\varphi.}{U} - g\ sin.\ \varphi.$$

$$=\left(\frac{1}{3}\frac{nLB^3(2-sin.^2\varphi)}{U cos.^2\ \varphi} - g\right)sin.\ \varphi.$$

или полагая $\frac{2 - sec.^2\ \varphi}{cos.^2\varphi} = a.$

$$GZ=\left(\frac{an\,LB^3}{3U}-g\right)sin.\ \varphi.$$

Зависимость остойчивости отъ количества *a* мы видѣли прежде (§ 47).

При постоянной величинѣ — φ, GZ будетъ увеличиваться по мѣрѣ увеличенія перваго члена и уменьшенія втораго.

Первый членъ остойчивости дробь; чтобъ увеличить ее, нужно увеличивать числителя и уменьшать знаменателя, т. е. для увеличенія мѣры остойчивости нужно:

1) *Увеличивать ширину шпангоутовъ около грузовой ватерлиніи выше и ниже ея, до наибольшаго угла наклоненія.*

2) *Увеличивать длину судна, но въ меньшемъ отношеніи, нежели ширину.*

Отъ увеличенія ширины шпангоутовъ при грузовой ватерлиніи увеличивается площадь этой линіи, слѣдовательно для увеличенія остойчивости.

3) *Увеличивать площадь грузовой и ближайшихъ къ ней ватерлиній.*

4) *Уменьшать вмѣстительность подводной части судна.* Изъ двухъ судовъ, той же длины, ширины и площади грузовой ватерлиніи, то будетъ имѣть большую остойчивость, у котораго меньше водоизмѣщеніе. Пусть U= r. LBH, гдѣ r дробь, показывающая отношеніе вмѣстительности судна къ паралелепи-

педу изъ главныхъ размѣреній L, B, H, длины, ширины и глубины. Отсюда видно, что *для увеличенія остойчивости должно уменьшать отношеніе вмѣстительности судна къ параллелепипеду изъ главныхъ размѣреній.*

Второй членъ g показываетъ, что для увеличенія остойчивости нужно *уменьшать разстояніе между центромъ тяжести, и центромъ величины, въ прямомъ положеніи судна.* Это можно сдѣлать двоякимъ образомъ: *возвышая центръ величины,* или *понижая центръ тяжести.*

Выше § 30 видѣли, что

$$g = \frac{H}{2D}\left[\frac{h'+1}{h'+2}N + \frac{h'+1}{h''+2}K\right],$$ или положивъ

Для простоты h'=h''

$$g = \frac{H}{2D}(N+K)\frac{h+1}{h+2} = \frac{h+1}{2(h+2)}H$$

Тамъ же выведено

$$g = \frac{h}{1+2h}H.$$

Первое выраженіе принадлежитъ линіи горизонтальныхъ сѣченій, когда вершина — при грузовой ватерлиніи, а второе, когда при килѣ, и ясно, что послѣдняя величина g больше первой. При той же величинѣ h, количество g будетъ увеличиваться вмѣстѣ съ глубиною H; и обратно при той же величинѣ H,

количество g будетъ увеличиваться съ увеличеніемъ h.

Отсюда видно, что для возвышенія центра величины нужно:

1) *Вершину линіи горизонтальныхъ сѣченій дѣлать при грузовой ватерлиніи, а не при килѣ.*

2) *Уменьшать глубину* (*).

3) *Уменьшать водоизмѣщеніе.*

Чтобъ понизить центръ тяжести, должно:

1) *По возможности уменьшать высоту надводной части.*

2) *Корабельныя стѣны и прочіе члены дѣлать къ верху тоньше.*

3) *Тяжелѣйшій грузъ располагать въ низу*, и для этого во всѣхъ военныхъ судахъ на дно корабля полагаютъ чугунный балластъ, который, по великому удѣльному вѣсу, нѣсколько понижаетъ центръ тяжести.

4) *Мачты, реи, такелажъ и паруса, по мѣрѣ ихъ возвышенія, дѣлать легче и меньше.*

5) *Излишнее возвышеніе носа и кормы предъ срединою также возвышаетъ центръ тяжести.*

Но всѣ эти условія, будучи весьма ограничены противными имъ надобностями, имѣютъ

(*) При той же глубинѣ, можно, не уменьшая водоизмѣщенія, поднять центръ величины; для этаго нужно сдѣлать линію сѣченій съ перегибомъ, такъ, чтобъ точка перегиба находилась близъ киля. Какъ вычерчивать эту линію, это увидимъ въ послѣдствіи.

свои предѣлы, которыхъ нельзя преступить, нужно слишкомъ большую тяжесть перенести съ верху въ трюмъ, дабы центръ тяжести понизился на весьма малое количество. По этому гораздо удобнѣе и легче уменьшить разстояніе между центрами, чрезъ возвышеніе центра величины, т. е. *дѣлая обводы миделя и прочихъ шпангоутовъ весьма острыми при килѣ, и сколь можно полнѣе близъ грузовой ватерлиніи.*

Приближенный способъ изчисленія остойчивости.

§ 51. Нѣтъ сомнѣнія, что способъ Г. Атвуда, вычислять остойчивость корабля, весьма сложенъ и утомителенъ; но привсемъ томъ онъ самый точный изъ всѣхъ доселѣ извѣстныхъ. Но когда требуется только приближенная мѣра остойчивости, тогда гораздо удобнѣе употребить Бугеровъ, или метацентрическій способъ.

Пусть ADB представляетъ вертикальное сѣченіе, проходящее чрезъ центръ тяжести судна; AB — грузовая ватерлинія. Черт. 14.

Положимъ, что корабль отъ нѣкоторой силы накренился до угла aCA; тогда грузовая ватерлинія придетъ въ положеніе ab. Здѣсь предполагается уголъ aCA такъ малъ, что при наклоненіи грузовая ad проходитъ чрезъ средину c прежней ватерлиніи; также BC$=b$C и

площ. ВaС=площ. АaС — положенія, которыя не иначе допустить можно, какъ при неизмѣримо маломъ наклоненіи.

Полуширины АС и ВС означимъ чрезъ x, а длину грузовой ватерлиніи чрезъ L.

Изъ b на ВС опущу перпендикуляръ bo, площадь каждаго изъ треугольниковъ САa и СВb изобразится $\frac{1}{2}$ВС, $bo=\frac{1}{2}$,ВС.$^2 sin.$В$cb=\frac{1}{2}$X$^2 sin.\varphi$, гдѣ φ=угл.ВСb. Пусть отсѣкъ имѣетъ какую либо толщину dL; $\frac{1}{2}$X^{2}sin. φ, dL=V представитъ толстоту призмы, заключенной между двумя смѣжными сѣченіями, коей основаніе ВbС, а высота dL.

Разстояніе между центрами тяжести треугольниковъ равно $\frac{4}{3}$АВ=$\frac{4}{3}$X=b

Вставляя найденныя величины въ общую формулу

$$GZ=\frac{Vb}{U}-g.\ sin.\varphi,$$ получимъ

$$GZ=\frac{\frac{1}{2}X^2dL,\ sin.\varphi,\quad \frac{3}{4}X}{U}-g,\ sin.\ \varphi,$$ или

$$=\left[\frac{\frac{2}{3}X^3dL}{U}-g\right] sin.\varphi$$

Интегралъ этаго выраженія покажетъ мѣру остойчивости всего корабля, т. е.

$$GZ=\left[\frac{2}{3}\int\frac{X^3dL}{U}-g\right] sin.\ \varphi.$$

Вотъ приближенная мѣра остойчивости.

Второй членъ, какъ и прежде, разстояніе между центромъ тяжести и центромъ величины можно опредѣлить помощію изложенныхъ выше способовъ.

При постоянной величинѣ количества g, остойчивость будетъ измѣняться отъ увеличенія или уменьшенія $\frac{\frac{2}{3}\int X^3 dL}{U}$, до тѣхъ поръ, пока это количество больше g, мѣра остойчивости будетъ положительная. Когда же

$$\frac{\frac{2}{3}\int X^3 dL}{U}=g,$$

тогда $GZ=o$, остойчивость судна нуль. На конецъ, когда тотъ же членъ меньше g, мѣра остойчивости выйдетъ отрицательная.

Слѣдовательно, чтобы судно имѣло на водѣ остойчивость, количество $\frac{\frac{2}{3}\int X^3 dL}{U}$ должно быть больше g.

Пусть G центръ тяжести судна; K — центръ величины въ прямомъ положеніи; будетъ $GK=g$. Отъ точки K положу Черт. 14.

$$KM=\frac{\frac{2}{3}\int X^3 dL.}{U}$$

При томъ же положеніи точки M, чѣмъ выше центръ G, тѣмъ менѣе $KM-GK=\frac{\frac{2}{3}\int X^3 dL}{U}-g$; и остойчивость судна уничтожается, когда точка g упадетъ въ M; слѣдовательно точка M будетъ предѣлъ, выше коего центръ тяжести G находиться не долженъ. И потому она на-

зывается *центръ остойчивости* или *мета-центръ*; отстояніе его отъ центра величины

$$e=\frac{\frac{2}{3}\int X^3 dL}{U}$$

§ 52. Чтобъ вычислить отстояніе метацентра отъ центра величины, положимъ $X^3=Z$, тогда $\int X^3 dL=\int Z dL$.—а это общее выраженіе площади кривой линіи, которой абцисса Z, а ордината L.

Когда зависимость между Z и L, или уравненіе грузовой ватерлиніи неизвѣстно, то $\int X dL$ можетъ быть опредѣленъ по способу равностоящихъ ординатъ.

Въ § 10 найдено $\int Y dX=\frac{1}{3}m(P+4Q+2R)$.

Въ настоящемъ случаѣ вмѣсто P нужно вставить сумму кубовъ крайнихъ ординатъ грузовой ватерлиніи; вмѣсто Q— сумму кубовъ четныхъ ординатъ; R— сумму кубовъ нечетныхъ ординатъ той же линіи.— Все это сдѣлать не трудно, когда грузовая ватерлинія вычерчена.

Но чтобы опредѣлить высоту метацентра, прежде чертежа, нужно знать уравненіе грузовой ватерлиніи. Положимъ, что она имѣетъ видъ параболы, коей указатель U. Это положеніе можно сдѣлать, потому, что обводъ ее во всякомъ суднѣ, болѣе или менѣе, подходитъ къ обводу параболы нѣкоторой степени.

Пусть A.P.$=$Y, представляетъ абциссу грузовой ватерлиніи; PM$=$X — ординату.

Вершину параболы положимъ въ точкѣ C; Черт. 15. CN—абцисса; MN—ордината. Найдемъ зависимость координатъ параболы отъ координатъ X и Y грузовой ватерлиніи; CN$=z$, AD$=\frac{1}{2}$L, AC$=\frac{1}{2}$B, будетъ MN$=$Y, $z=\frac{1}{2}B-Y$, $X=\frac{1}{2}B-z$, пусть $\frac{1}{2}B=a$; $\frac{1}{2}L=b$.

$$e=\frac{\frac{2}{3}\int X^3 dY}{U}=\frac{\frac{2}{3}\int(\frac{1}{2}B-z)^3.dY}{U}=\frac{\frac{2}{3}\int(a-z)^3.dY}{U}$$

уравненіе грузовой ватерлиніи $Y^w=pz=\frac{bw}{a}z$.

$$Y=\frac{b}{a^{\frac{1}{w}}}.\ z^{\frac{1}{w}};\ dY=\frac{b}{w\sqrt[w]{a}}z.^{\frac{1-w}{w}}dz;$$

вставляя вмѣсто равныхъ равныя, имѣемъ:

$$e=\frac{2b}{3wU\sqrt[w]{a}}\int(a-z)^3.z^{\frac{1-w}{w}}.dz.$$

$$(a-z)^3.z^{\frac{1-w}{w}}dz=(a^3-3a^2z+3az^2-z^3)z^{\frac{1-w}{w}}dz$$

$$=a.^3z.^{\frac{1-w}{w}}dz-3a^2z.^{\frac{1}{w}}dz+3az.^{\frac{1+w}{w}}dz-z.^{\frac{1+2w}{w}}dz.$$

$$\int(a-z).^3z^{\frac{1-w}{w}}.dz=\frac{a.^3z^{\frac{1}{w}}}{\frac{1}{w}}-\frac{3a^2z^{\frac{1+w}{w}}}{\frac{1+w}{w}}+\frac{3az^{\frac{1+2w}{w}}}{\frac{1+2w}{w}}-\frac{z^{\frac{1+3w}{w}}}{\frac{1+3w}{w}}$$

$$\frac{b}{w\sqrt[w]{a}}\int(a-z)^3 z^{\frac{1-w}{w}}dz=\frac{b}{\sqrt[w]{a}}\left[a^3 z^{\frac{1}{w}}-\frac{3a^2 z^{\frac{1+w}{w}}}{1+w}+\frac{3az^{\frac{1+2w}{w}}}{1+2w}-\frac{z^{\frac{1+3w}{w}}}{1+2w}\right]$$

полагая $z=a$, будетъ:

$$=\frac{b}{\sqrt[w]{a}}\left[a^{\frac{3w+1}{w}}-\frac{3a^{\frac{3w+1}{w}}}{1+w}+\frac{3a^{\frac{3w+1}{w}}}{1+2w}-\frac{a^{\frac{3w+1}{w}}}{1+3w}\right]$$

$=a^3b\left(1-\frac{3}{1+w}+\frac{3}{1+2w}-\frac{1}{1+3w}\right)$; сокращая,

получимъ $=\frac{6a^3bw^3}{(1+w)(1+2w)(1+3w)}$, откуда

$e=\frac{4a^3b.w^3}{(1+w)(1+2w)(1+3w)}$; вставляя вмѣсто a и b ихъ величины и распространяя на всю длину,

будетъ $e=\frac{B^3Lw^3}{(1+w)(1+2^w)(1+3w)2U}$.

§ 53. Вставляя эту величину въ формулу остойчивости, получимъ моментъ остойчивости:

$$D.\ GZ=D(e-g)\sin.\vartheta=D\,d.\sin.\vartheta,$$

гдѣ d представляетъ разстояніе между центромъ тяжести и метацентромъ.

Отсюда видно, что *для увеличенія остойчивости нужно увеличивать разстояніе между метацентромъ и центромъ тяжести.*

Изъ свойства параболы извѣстно, что $\omega = \frac{W}{LB-W}$; вставляя эту величину ω въ выведенное уравненіе метацентра, получимъ

$$e = \frac{W.^3B.^3L}{LB(LB+W)(LB+2W)4U} = \frac{W^3B^2}{4U(LB+W)(LB+2W)}$$

$$e = \frac{1}{4U}\left[\tfrac{1}{2}WB^2 + \tfrac{1}{3}W^2LB + \frac{W^3}{L^2}\right].$$

Эта формула намъ показываетъ, что высота метацентра увеличивается: 1) наиболѣе *отъ увеличенія площади грузовой ватерлиніи*; 2) *отъ увеличенія наибольшей ширины судна при грузовой ватерлиніи*; 3) *отъ уменьшенія длины судна*; 4) *отъ уменьшенія водоизмѣщенія.*

§ 54. Сложность способа, отыскивать центръ тяжести, изложеннаго въ § 39, заставила искать другихъ средствъ, которыя бы при всей своей простотѣ могли показать вѣрно положеніе того центра.

Пусть будетъ система тѣлъ A,B,C,D,E, Черт.16. коихъ сумма=P; центръ тяжести въ R. Положимъ, что одно изъ тѣлъ D перешло въ D' на разстояніе m, то общій центръ тяжести R перейдетъ разстояніе RR', которое найдется по пропорціи RR' : m=D : P;— это доказано выше § 45.

Если тѣло E, равное D, но находящееся выше его, передвинется на то же количество, то разстояніе, перейденное центромъ тяже-

сти, найдется по пропорціи $RR^1 : m = E(= D) : P$, и будетъ тоже, что и въ первомъ случаѣ.

Это можно приложить и къ кораблю, т. е. если равныя тѣла выше и ниже грузовой ватерлиніи будутъ передвигаемы послѣдовательно отъ средины къ бортамъ, то общій центръ тяжести корабля будетъ всегда переходить одно и тоже разстояніе. И какъ корабль, при переносѣ тяжести съ одного бока на другой, наклоняется и эта наклонность мѣряется величиною GZ, слѣдовательно: если какая либо тяжесть выше или ниже центра тяжести передвинется отъ діаметральной плоскости на одинакое разстояніе, то степень наклонности будетъ та же, во всякомъ случаѣ, на орлопѣ ли сдѣлано перемѣщеніе или на опердекѣ, лишь бы тяжести были равны и передвинуты на одинаковыя разстоянія.

Отсюда усматриваемъ легкій способъ, простымъ опытомъ найти положеніе центра тяжести корабля. Положимъ, что какая либо тяжесть P передвинута отъ діаметральной плоскости на разстояніе m, отъ чего корабль накренился до угла φ; Pm будетъ моментъ кренящей силы.

Если корабль, накренясь до того угла, остается въ равновѣсіи, то моментъ Pm, кре-

нящей силы, будетъ равенъ моменту остойчивости, т. е.

$$Pm = Dd. \sin.\varphi,$$ откуда

$$d = \frac{Pm}{D \sin.\varphi}$$

По этой формулѣ легко можно опредѣлить отстояніе центра тяжести корабля отъ метацентра. Стоитъ только передвинуть какую либо тяжесть, наприм. пушки. Зная вѣсъ ихъ и перейденное ими разстояніе, получимъ Pm.

Для произведенія этого на самомъ дѣлѣ, нужно:

1) Разставить всѣхъ людей по палубѣ на обѣ стороны по ровну; выдвинуть за бортъ всѣ пушки; прибить къ мачтѣ угломѣръ для узнанія угла наклоненія. Замѣтить углубленіе штевней; вычислить, при этомъ углубленіи, водоизмѣщеніе и высоту метацентра надъ центромъ величины.

2) Замѣтить мѣста пушечныхъ станковъ на палубѣ.

3) Вдвинуть пушки съ одной стороны въ корабль, сколько люки позволяютъ; укрѣпить станки, чтобъ они не двигались; разставить людей по мѣстамъ, и замѣтить уголъ наклоненія.

4) Счесть пушки; смѣрять, на сколько каждая вдвинулась; вычислить вѣсъ пушекъ съ

ихъ вооруженіемъ. Умножить вѣсъ каждой пушки на перейденное разстояніе; сумма этихъ произведеній покажетъ моментъ Pm, силы, наклонившей корабль.

Опредѣливъ такимъ образомъ Pm, и зная D. *sin.* ♈, *получимъ* d; а какъ мѣсто метацентра извѣстно, то и положеніе центра тяжести будетъ найдено. Этотъ практическій способъ былъ предложенъ еще въ 1771 году, Донъ-Жуаномъ, хотя вообще приписывается Чапману.

§ 55. Есть еще другой практическій способъ находить центръ тяжести, предложенный Мейеромъ въ Anales of Philosophy, на Іюнь 1826.

Пусть будутъ двѣ силы P и p, дѣйствующія *горизонтально отъ центра величины* въ разстояніяхъ a и b, положимъ, что каждая изъ нихъ наклоняетъ корабль на тотъ же уголъ $\triangle$.

Взявъ моменты тѣхъ силъ въ разсужденіи оси, проходящей чрезъ центръ тяжести, который отстоитъ отъ центра величины на разстояніе x, будетъ:

моментъ силы $P = P(a-x) cos. \triangle$

——— ——— $p = p(b-x) cos. \triangle$

каждый изъ нихъ, наклоняя корабль до того же угла $\triangle$, будетъ равенъ моменту остойчивости при углѣ $\triangle$, и потому:

$$P(a-x)\cos.\Delta = p(b-x)\cos.\Delta,$$ или

$$Pa-Px = pb-px,$$ откуда

$$X = \frac{Pa-pb}{P-p}$$

Отсюда происходитъ слѣдующее простое правило для опредѣленія центра тяжести:

Разность моментовъ двухъ наклоняющихъ силъ или тяжестей въ разсужденіи центра величины, должно раздѣлить на разность самыхъ силъ, частное покажетъ отстояніе центра тяжести отъ центра величины.

§ 56. Всѣ вышеописанныя правила подтверждаютъ, чтобъ корабль имѣлъ сколь можно большую остойчивость. Если корабль совсѣмъ не кренится, тогда остойчивость, разумѣется, имѣетъ наибольшую величину; но этого въ морѣ быть не можетъ: различныя обстоятельства всегда уклоняютъ судно на тотъ или на другой бокъ. Раждается вопросъ, до какой степени можно допускать наклоненіе. Этотъ вопросъ рѣшаетъ самая практика, которая показала, что остойчивость линейнаго корабля тогда достаточна, когда онъ, имѣя съ одной стороны пушки нижней батареи вдвинутыми въ корабль, и людей разставленными по ровну на обѣ стороны, накренится не болѣе 1°.— Вотъ условіе, котораго при сочиненіи чертежа должно держаться, дабы судно получило достаточную остойчивость.

Тогда въ формулѣ $d=\frac{Pm}{D.sin.\varphi}$, извѣстны будутъ Pm, D и $sin.\varphi$, слѣдовательно d опредѣлится.

Вѣсъ 36-ти-фунтовой длинной пушки со станкомъ 248 пуд. (таб. № 6). На одной сторонѣ 84 пуш. корабля находится 16 такихъ пушекъ, каждая изъ нихъ, будучи вдвинута въ корабль, переходитъ разстояніе $m=5$ футамъ,—будетъ $P=3968$, $Pm=19840$ пуд. Водоизмѣщеніе $D=3570$ тонновъ $=214200$ пуд. Вставляя эти величины въ формулу, получимъ $d=5,30$. Количество g въ корабляхъ бываетъ около 8 футъ; слѣдовательно $e=13$ фут. Откуда видно, что *остойчивость корабля будетъ достаточна тогда, когда разстояніе между центромъ величины и метацентромъ не менѣе 13 футъ.*

О балластѣ.

§ 57. Военное судно, для сохраненія качествъ своихъ, при концѣ долгаго плаванія всегда беретъ нѣкоторое количество балласта. Находясь въ морѣ оно, по мѣрѣ продолженія своего плаванія, издерживаетъ съѣстные припасы и огнестрѣльный снарядъ. Чрезъ это уменьшается вѣсъ судна, его углубленіе и центръ величины, относительно прежней грузовой ватерлиніи, понижается. Въ то же время отъ

уменьшенія вѣса въ подводной части, возвышается центръ тяжести всего корабля. И такъ, по мѣрѣ продолженія плаванія, центръ тяжести и центръ величины одинъ отъ другаго удаляются, а съ тѣмъ вмѣстѣ уменьшается остойчивость.

Разсмотримъ это обстоятельство. Возьмемъ моментъ остойчивости $D(e-g)\ sin.\ \varphi$. (§ 53), гдѣ e означаетъ разстояніе между центромъ величины и метацентромъ; g — разстояніе между центромъ величины и центромъ тяжести; φ—уголъ наклоненія.

При томъ же водоизмѣщеніи и углѣ наклоненія моментъ остойчивости будетъ увеличиваться отъ увеличенія $e-g$.

Пусть e представляетъ высоту метацентра надъ центромъ величины вполнѣ нагруженнаго судна; e'— та же высота, когда большая часть съѣстныхъ и военныхъ припасовъ издержана,—

будетъ $e=\frac{\frac{2}{3}\int X^3 dL}{U}$, $e'=\frac{\frac{2}{3}\int X'^3 dL}{U^1}$.

Сравнимъ эти выраженія:

1) Вмѣстительность U', когда часть припасовъ издержана, меньше вмѣстительности U, въ полномъ грузѣ. По этому, при одинакихъ числителяхъ, дробь $\frac{X'^3 dL}{U'}$ больше дроби $\frac{X^3 dL}{U}$, т. е. e' больше e.

2) Если $\int X'^3 dL$ меньше $\int X^3 dL$, то количество e' можетъ быть или равно e, или меньше его.

Когда g, g' представляютъ разстоянія между центрами тяжести и величины въ двухъ разсматриваемыхъ состояніяхъ корабля; тогда g' больше g. Слѣдовательно въ первомъ случаѣ, т. е. когда e' больше e, будетъ $e'—g'$ или равно $e—g$, или меньше. Первое тогда имѣетъ мѣсто, когда e' во столько разъ больше e, во сколько g' больше g; но какъ g увеличивается въ большей степени противъ e, то почти всегда мѣсто имѣть будетъ второе положеніе, т. е. $e'—g'$ меньше $e—g$, такъ или иначе, а моментъ $D'(e'—g')$ меньше момента $D(e—g)$.

Во второмъ случаѣ, когда числитель второй дроби меньше числителя первой, $e'—g'$, будетъ равенъ, или меньше $e—g$, и также D' $(e'—g)$ меньше $D(e—g)$.

Изъ этого видно, что *по мѣрѣ продолженія плаванія, остойчивость корабля уменьшается.*

Количества U' и g всегда меньше U и g'; слѣдовательно на уменьшеніе остойчивости имѣетъ вліяніе только числитель $\int X'^3 dX$, увеличеніе котораго зависитъ отъ увеличенія ширины X'.

Никогда X′ не можетъ быть больше X; — они могутъ быть или равны, или X′ меньше X; во второмъ случаѣ остойчивость уменьшится болѣе, нежели въ первомъ. Отсюда слѣдуетъ: *Чтобы во время плаванія остойчивость уменьшалась сколь можно менѣе, должно площади верхнихъ ватерлиній дѣлать равными близъ грузовой ватерлиніи; т. е. чтобы обводы шпангоутовъ были вертикальны отъ грузовой въ низъ покрайней мѣрѣ на $1\frac{1}{2}$ фута.*

§ 58. Количество балласта на корабляхъ бываетъ не одинаково: — менѣе остойчивый корабль беретъ болѣе балласту, и обратно. Но недостатокъ остойчивости рѣдко можетъ быть вознагражденъ балластомъ, потому, что это качество совершенно зависитъ отъ образованія подводной части, такъ, что судно остойчивое, по своему образованію, требуетъ мало балласта, а въ неостойчивомъ увеличеніе балласта не поможетъ. Доказательствомъ этому можетъ служить примѣръ приведенный Роммомъ въ *l'Art de la marine.*

Построенный въ 1779 году 74-хъ-пушечн. корабль Сципіонъ оказался неостойчивъ; думали поправить этотъ недостатокъ. Сняли верхнія бочки съ водою, вѣсомъ на 136 тонновъ, и на столько же увеличили балластъ, т. е. вмѣсто 184 тонновъ, которые корабль имѣлъ прежде, положили 320 тонновъ. Водоизмѣщеніе

осталось то же, убавилось значительное количество воды, а прибылъ ненужный грузъ— балластъ. Пожертвованіе важное, а польза та, что вмѣсто 24-хъ дюйм. корабль послѣ перегрузки сталъ крениться на 20,83 дюйм. Столь ничтожная перемѣна въ остойчивости не могла доставить для него никакой пользы въ морѣ. И потому должно имѣть на кораблѣ только необходимое количество балласта, и для поправленія остойчивости, его не прибавлять, а лучше обратиться къ другимъ средствамъ, ведущимъ вѣрнѣе и ближе къ цѣли. Можно сдѣлать обшивку на нѣсколько футъ выше и ниже грузовой ватерлиніи; такъ, чтобъ толщина ея была болѣе въ носу и въ кормѣ, а къ срединѣ судна спускалась *на-нѣтъ.* Чрезъ это увеличатся площади и верхнихъ ватерлиній, и остойчивость непремѣнно будетъ болѣе. Впрочемъ трудно поправить остойчивость такого судна, у котораго она недостаточна.

§ 59. Отъ дѣйствія силы вѣтра на паруса, обрасопленные косвенно къ килю, корабль наклоняется. Въ этомъ случаѣ его можно принять за свободный рычагъ, коего опорная точка въ центрѣ тяжести; отстояніе этого центра отъ центра тяжести груза въ подводной части одно плечо, а отъ центра тяжести надводнаго груза— другое.

Съ увеличеніемъ подводнаго момента, въ

разсужденіи надводнаго, наклоненія будутъ уменьшаться.

Надводный грузъ составляютъ: оснастка съ парусностью и артиллерія; — означимъ вѣсъ каждой чрезъ P и A, а отстояніе ихъ центровъ тяжести до центра тяжести корабля чрезъ p и a, будетъ моментъ надводный $Pp+Aa$.

Подводный грузъ составляютъ: съѣстные припасы, артиллерійскіе снаряды и проч. Пусть вѣсъ ихъ $=R$; вѣсъ балласта$=Q$; отстояніе ихъ центровъ тяжести$=r, q$. Подводный моментъ будетъ $Rr+Qq$.

Гдѣ бы центръ тяжести судна ни находился, а всегда отъ увеличенія момента $Rr+Qq$ противъ $Pp+Aa$, наклоненія судна будутъ уменьшаться. Это зависитъ отъ увеличенія количествъ R, Q, r, q противъ P, A, p, a; но какъ величины r, q, p, a, при данной глубинѣ подводной части и высотѣ надводной нѣкоторымъ образомъ постоянны, то для усиленія подводнаго момента предъ надводнымъ нужно увеличивать R, Q противъ P и A.

Количества R, P и A для корабля извѣстнаго ранга также постоянны: — обыкновенно бываетъ $R=0{,}55(P+A)$. И потому, чтобы сдѣлать подводный моментъ больше надводнаго, должно къ подводному грузу прибавить

столько балласта Q, чтобъ $Rr+Qq$ было больше $Pp+Aa$.

Изъ опытовъ же извѣстно, что $0,75\,R=P$; то, чтобъ удовлетворить тому условію, можно сдѣлать моментъ Qq или равнымъ моменту Aa, или больше его. Всего вѣроятнѣе можно принять первое, ибо излишнее количество балласта повредитъ боковой качкѣ.

Итакъ заключимъ, что *моменты балласта и артиллеріи, въ разсужденіи центра тяжести корабля, должны быть равны*, т. е.

$$Aa=Qq, \text{ откуда } Q=\frac{Aa}{q}.$$

Зная A, a, q, по этой формулѣ легко можно опредѣлить потребное количество балласта.

Это заключеніе согласуется и съ самой практикой: ибо чѣмъ болѣе и тяжелѣе пушки, тѣмъ болѣе нужно балласта, чтобъ уравновѣсить подводный моментъ съ надводнымъ.

Чапманъ полагаетъ на каждую пушку вѣсъ балласта равный вѣсу самаго орудія со станкомъ, вмѣстѣ съ 25 ядрами, которыя находятся около пушки на палубѣ. Такъ наприм. на 36 фунтовую длинную пушку балласта будетъ: вѣсъ пушки со станкомъ $=248$ пуд.

вѣсъ 25 ядеръ	$=26,8$
Всего .	$=274,8$

Въ купеческихъ судахъ количество балласта

зависитъ главнѣйше отъ рода ихъ груза: товары, имѣющіе большую объемность и малый удѣльный вѣсъ, требуютъ гораздо болѣе балласта, нежели тѣ, которые, при великомъ удѣльномъ вѣсѣ, имѣютъ малую объемность. Впрочемъ о судахъ этого рода будемъ имѣть случай говорить въ послѣдствіи.

§ 60. Соображая все сказанное о балластѣ, можемъ заключить:

1). *Балластъ полезенъ для всякаго военнаго судна и въ особенности для корабля, какъ средство служащее къ уравновѣшиванію постояннаго груза надводной части съ издержавшимся во время плаванія грузомъ подводнымъ.*

2). *Необходимъ въ косвенныхъ путяхъ, тогда онъ уменьшаетъ наклоненія.*

3). Количество балласта зависитъ:

a) *Отъ образованія:*—военное судно, острое при килѣ, полное близъ грузовой, требуетъ меньше балласта противъ того, которое имѣетъ полноту при килѣ. Напротивъ того, въ купеческихъ судахъ, которыя иногда должны плавать безъ груза, тому нужно меньше балласта, которое полнѣе при килѣ. *b*) *Отъ артиллеріи:* — Корабль 3-хъ - дечный долженъ имѣть болѣе балласта въ отношеніи къ водоизмѣщенію противъ 2-хъ - дечнаго, а этотъ менѣе противъ фрегата, и т. д.

4). *Излишекъ балласта много вредитъ кораблю, увеличивая жестокость боковой качки;*

и наконецъ 5) *совершенное судно то, которое не имѣетъ необходимости въ балластѣ.* Но какъ сдѣлать такое судно?—Этотъ вопросъ остается еще въ числѣ искомыхъ науки кораблестроенія.

ГЛАВА V.

О сопротивленіи воды.

§ 61. Судно въ движеніи встрѣчаетъ отъ воды препятствіе, называемое *сопротивленіемъ.* При той же движущей силѣ чѣмъ менѣе сопротивленіе воды на судно, тѣмъ болѣе скорость его хода и плаваніе удобнѣе. Слѣдовательно, показавъ законы сопротивленія воды движущимся въ ней тѣламъ, мы легко можемъ вывести изъ нихъ правила образованія поверхности судна для скораго хода.

Изысканіе того образованія подводной части корабля, которое бы съ наименьшею легкостію раздвигало воду, составляетъ одинъ изъ важнѣйшихъ вопросовъ въ наукѣ кораблестроенія. Что такое образованіе существуетъ, въ томъ нѣтъ никакого сомнѣнія, кромѣ многочисленныхъ опытовъ, производимыхъ въ разныя времена надъ тѣлами различной величины, мы можемъ въ томъ убѣдиться однимъ

взглядомъ на мореходныя суда, въ которыхъ едва примѣтное различіе обводовъ подводной части имѣетъ великое вліяніе на качество скораго хода.

Многіе знаменитые ученые домогались, съ помощію математическихъ изысканій, опредѣлить образъ тѣла наименьшаго сопротивленія. Но всѣ ихъ теоріи, до сихъ поръ предложенныя, основаны на положеніяхъ произвольныхъ, ничѣмъ не подтверждаемыхъ и далеко разнствующихъ отъ опытовъ.

§ 62. Ньютонъ первый занимался изслѣдованіемъ законовъ движенія и дѣйствія жидкостей. Его теорія основана на слѣдующихъ предположеніяхъ:

1) Жидкость можетъ быть раздѣлена на слои, дѣйствующіе на тѣло, одинъ отъ другаго независимо. Такъ, что каждая частица воды производитъ свое дѣйствіе на тѣло, не имѣя никакого вліянія на другія частицы.— Но замѣчено вообще, что водяныя частицы, возмущенныя движущимся тѣломъ, разстраиваются въ своемъ движеніи, и, дѣйствуя однѣ на другихъ, болѣе или менѣе, замѣдляютъ движеніе.

2) Давленіе на неподвижное тѣло воды, движущейся съ нѣкоторою скоростію, равно сопротивленію, которое тѣло претерпѣваетъ, двигаясь равномѣрно, съ тою же скоростію.

3) Сопротивленіе воды зависитъ только отъ передней части тѣла, а задняя часть на него вліянія не имѣетъ.

Черт. 16. § 63. Основываясь на этихъ предположеніяхъ, разсмотримъ сопротивленіе воды на плоскость AB, которая къ направленію движенія перпендикулярна.

Если возьмемъ какую либо частицу воды, углубленную отъ верха воды на разстояніе q, то въ спокойной водѣ давленіе, ею производимое, будетъ пропорціонально qa, гдѣ a площадь, на которую частица воды давленіе свое производитъ.

Такое же давленіе производитъ и противоположная частица E; слѣдовательно производное горизонтальное давленіе на всю площадь будетъ нуль. Но когда вода движется отъ C къ D со скоростію, соотвѣтствующею высотѣ h, то давленіе на переднюю сторону соразмѣрно этой высотѣ увеличится, а на заднюю— уменьшится; первое $=a(q+h)$, а послѣднее $=a(q-h)$; производное давленіе будетъ $2ah$.

Подобнымъ образомъ докажется, что давленіе на другія частицы равно $2bh$, $2ch$, $2dh$ и т. д., гдѣ b, c, d и проч.—давимыя площади.— А потому производное давленіе на цѣлую площадь AB будетъ $=2h(a+b+c+d+\ldots)$K, гдѣ K—удѣльный вѣсъ воды. Пусть $a+b+c+d+\ldots$

$=$A, то давленіе на площадь AB будетъ $=$ 2AhK.

Основываясь на второмъ предположеніи, видимъ, что площадь A, движимая со скоростію, соотвѣтствующею высотѣ h, встрѣтитъ сопротивленіе, равное давленію на нее воды, движущейся съ тою же скоростію h, т. е. сопротивленіе на площадь AB$=$R$=$2K.Ah; откуда видно, что *сопротивленіе на площадь измѣряется вѣсомъ водяной призмы, которой основаніе самая площадь, а высота двукратна той, которая соотвѣтствуетъ скорости движенія.*

§ 64. Возьмемъ другую площадь a, движущуюся со скоростію, соотвѣтствующею высотѣ H, то она получитъ сопротивленіе, равное $R' = 2K.Ha$. Сравнивая его съ первымъ, получимъ:

$$R : R' = 2K.\,hA : 2K.\,Ha = A : Ha, \text{ но } = \frac{U'^2}{2g},$$

$$H = \frac{U^2}{2g}, \text{ то } R : R' = AU'^2 : aU^2, \text{ т. е.}$$

прямыя сопротивленія пропорціональны площадямъ и квадратамъ скоростей.

§ 65. Когда плоскость A составляетъ съ на- Черт. 17.
правленіемъ движенія нѣкоторый уголъ CDF$=$ α, то сила сопротивленія CD разрѣшается на двѣ силы CE и CF; изъ нихъ первая, па-

раллельная AB, уничтожается, а последняя CF производитъ свое дѣйствіе.

Изъ треугольника CDF имѣемъ CF=CD. $sin.\ a$, или CF=U. $sin.\ a$. Вставляя эту величину вмѣсто U, въ пропорцію $R:R'=AU^2:aU^2$, получаю: $R:R'=AU^2.\ sin.^2 a : aU^2.\ sin.^2 \delta$, или при *той же площади и скорости*

$$R:R'=sin.^2 a : sin.^2 \delta.$$

Сопротивленія воды на равныя площади, движущіяся подъ нѣкоторымъ угломъ къ направленію движенія, съ тою же скоростію, пропорціональны квадратамъ синусовъ угловъ паденія (*).

§ 66. Основавъ на такихъ началахъ теорію сопротивленія воды, Ньютонъ повѣрялъ ее съ опытами, и нашелъ, что сопротивленіе на плоскость, движущуюся косвенно, не болѣе половины того сопротивленія, которое показываетъ теорія. Подобные опыты ясно доказали недостатокъ теоріи Ньютона.

Усматривая великую пользу, которая должна произойти отъ найденія законовъ сопротивленія воды, нѣкоторые математики старались вывести новую теорію, не осно-

(*) На этой теоріи основано образованіе тѣла наименьшаго сопротивленія, изложенное у Бугера въ его Traité du navire. Но опыты, произведенные Тевенардомъ надъ тѣломъ такого образованія, доказали, что оно весьма далеко отъ того, чтобы получать отъ дѣйствія воды наименьшее сопротивленіе, и что для этого гораздо способнѣе еллипсоидъ.

ванную на какихъ либо гипотезахъ. Счастливѣе другихъ въ этомъ были: Эйлеръ и Даламбертъ; они достигли цѣли — вывели формулы сопротивленія воды, не основанныя на какихъ либо произвольныхъ положеніяхъ. Но эти формулы столь сложны, что, при нынѣшнемъ состояніи наукъ, не могутъ быть приложены къ практикѣ, и слѣдовательно вовсе безполезны.

Подобныя попытки наконецъ удостовѣрили въ невозможности вывести удовлетворительную формулу, основываясь на однихъ умозрѣніяхъ; и потому стали искать истины другимъ путемъ — посредствомъ опытовъ.

§ 67. Не входя въ разсматриваніе различныхъ теорій, болѣе или менѣе основанныхъ на ложныхъ началахъ, покажемъ тѣ выводы опытовъ, которые бы могли служить руководствомъ при образованіи чертежей; — это составляетъ цѣль нашего изложенія.

Около 1763 года производилъ опыты Деборда; цѣлію ихъ было повѣрить теорію Нютона; онъ нашелъ: 1) что сопротивленія на плоскости возрастаютъ въ отношеніи нѣсколько большемъ, нежели самыя поверхности; наприм. площадь въ 4 кв. дюйм. относится къ площади въ 9 кв. дюймовъ, какъ 16 : 81, а сопротивленія, ими выносимыя, какъ

16 : 95,5; 2) сопротивленіе шара къ сопротивленію большаго круга какъ 1 : 2,44, а по теоріи Нютона—какъ 1 : 2; 3) законъ квадрата синуса угла паденія несправедливъ: ибо сопротивленія на плоскости, движущіяся косвенно, по опыту выходятъ болѣе, а на кривыя поверхности — менѣе, нежели показываетъ теорія; 4) тѣло, совсѣмъ погруженное въ воду, встрѣчаетъ менѣе сопротивленія противъ того, когда оно погружено только частію.

§ 68. Въ 1768, 69, 70 и 71, Вице-Адмиралъ Тевенардъ, съ помощію Борда и Безу, производилъ обширные опыты въ Лоріентѣ; изъ нихъ видно:

1) Сопротивленіе на кубъ, движимый по направленію діагоналя, относится къ сопротивленію по направленію, перпендикулярному къ сторонѣ, какъ 210 : 172, или какъ 1221 : 1000.

2) Сопротивленіе на прямой уголъ къ сопротивленію на его основаніе какъ 80 : 103, или какъ 1000 : 1250, а по теоріи Нютона выходитъ какъ 1 : 2.

3) Три куба, коихъ ребра относились какъ $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$, движимыя по направленію, перпендикулярному къ сторонамъ, при скорости $1\frac{1}{2}$ фута въ секунду, получали сопротивленія, пропорціональныя квадратамъ скоростей.

4) Сопротивленіе на кубъ, коего сторона

9 квад. фут., относится къ сопротивленію на такую же площадь, толщиною въ 6 дюйм., какъ 100 : 135.

5) Когда приставимъ къ кубу носъ въ 60°, то сопротивленіе на кубъ относится къ сопротивленію на призму какъ 100 : 42,40.

6) Приставя къ той призмѣ носъ въ 30°, будетъ сопротивленіе на первую призму къ сопротивленію на вторую какъ 100 : 67,46; но если къ этой призмѣ приставимъ носъ криволинейный въ 60°, то сопротивленіе на вторую призму относится къ сопротивленію на послѣднюю какъ 100 : 91,49.

7) Сопротивленіе на послѣднее тѣло составляетъ 0,2618 частей того сопротивленія, которое получитъ его основаніе, движимое отдѣльно; и 0,1936 сопротивленія на кубъ, коего сторона равняется площади того основанія.

8) Если два тѣла, изъ коихъ у одного вертикально продольныя сѣченія составляютъ съ горизонтомъ углы, равныя угламъ, составляемымъ горизонтальными сѣченіями другаго тѣла съ діаметральною плоскостію, будутъ двигаться съ равными скоростями, то сопротивленія на нихъ почти одинаковы.

9) Въ призмѣ, полной въ носу и острой въ кормѣ, движимой кормою впередъ, носовая и кормовая части тѣла стремятся отдѣлить-

ся отъ средней. Между тѣмъ, какъ та же призма, движимая носомъ впередъ, идетъ по прямому направленію.

10) Если къ призмѣ, у которой носъ въ 60°, а корма прямая, придѣлаемъ корму въ 30°, то сопротивленіе уменьшится почти на четверть.

11) Прямой конусъ, движимый впередъ основаніемъ, а вершиною обращенный назадъ, получалъ самое большее сопротивленіе.

12) Въ продолженіи этихъ опытовъ вообще замѣчено, что сопротивленіе на прямолинейный носъ всегда болѣе, нежели на криволинейно-выпуклый; и что изъ криволинейныхъ тѣлъ менѣе сопротивленія получали тѣ, кои образованы дугами эллипсиса.

§ 69. Въ 1775 году производили опыты Даламбертъ, Кондорсетъ и Боссю. Они нашли:

1) Сопротивленіе возрастаетъ какъ квадратъ скорости и даже нѣсколько болѣе, что, полагаютъ, происходитъ отъ возвышенія воды впереди судна и отъ пониженія ее за кормою.

2) Сопротивленіе на площади, одинаково углубленныя, возрастаетъ въ отношеніи нѣсколько большемъ, нежели самыя площади, а при одинаковой ширинѣ и разныхъ углубленіяхъ—въ отношеніи меньшемъ, нежели самыя площади.

3) Сопротивленіе въ открытой водѣ почти равно вѣсу водянаго столба, имѣющаго основаніемъ давимую поверхность, а высоту соотвѣтствующую скорости тѣла.

4) Законъ квадрата синуса паденія воды даетъ выводы тѣмъ менѣе сходствующіе съ опытами, чѣмъ меньше уголъ паденія воды, а при углахъ отъ 90° до 54° довольно близокъ къ истинѣ. Сопротивленіе, вычисленное по этому закону, весьма велико для тѣлъ прямолинейныхъ и слишкомъ мало для тѣлъ криволинейно-выпуклыхъ.

5) Сопротивленіе на тѣло, имѣющее фигуру корабля, составляетъ $\frac{1}{5}$ часть сопротивленія на среднюю часть, движимую по прямому направленію.

6) Треніе воды отъ различныхъ длинъ, которыя имѣли плавающія тѣла, нисколько не увеличивалось и не уменьшалось.

Всѣ тѣ же опыты повторены были нѣсколько разъ въ узкомъ каналѣ; выводы оставались тѣ же, съ тою разностію, что каждое тѣло само по себѣ получало гораздо большее сопротивленіе.

§ 70. Опыты, произведенные Кондорсетомъ и Боссю въ 1778 году, для найденія отношенія между сопротивленіями воды на углообразный носъ, измѣняющійся отъ 1° до 12° и отъ 12° до 100°, — показываютъ:

1) Сопротивленіе на углообразный носъ уменьшается въ отношеніи меньшемъ, нежели показываетъ теорія квадрата синуса паденія, а на кривообразный въ большемъ противъ того отношенія.

2) При томъ же образованіи носа, увеличеніе длины кормовой части уменьшаетъ сопротивленіе.

3) Когда паралелепипедъ накроемъ углообразнымъ тѣломъ, имѣющимъ основаніе меньше передней стороны, то сопротивленіе на послѣднее тѣло будетъ болѣе противъ того, когда бы паралелепипедъ двигался отдѣльно. Если то же углообразное тѣло приставимъ къ кормѣ, то сопротивленіе уменьшится.

Разсматривая таковые опыты, заключимъ:

1) Сопротивленіе пропорціонально площади наибольшаго сѣченія, перпендикулярнаго къ направленію движенія (1-й опытъ Тевенарда).

2) Сопротивленіе зависитъ отъ образованія передней части тѣла; и уменьшается отъ уменьшенія угла паденія воды на носъ. Впрочемъ излишняя острота носа замедляетъ сопротивленіе (Тевенарда оп. 2, 4, 5, 6, 7; Даламберта оп. 5; Боссю оп. 1, 3).

3) Сопротивленіе уменьшается отъ увеличенія длины и остроты задней части тѣла, отдѣляемой наибольшимъ сѣченіемъ (Тевенарда оп. 4, 10; Боссю оп. 2).

4) Сопротивленіе на кривообразно-выпуклый носъ всегда менѣе, нежели на прямолинейный и на кривообразно-вогнутый; кривая линія, болѣе приличная для уменьшенія сопротивленія на носъ, есть елипсисъ (Тевенарда оп. 6, 12).

5) Сопротивленія пропорціональны квадратамъ скоростей (Тевенарда оп. 3; Даламберта оп. 1).

6) Законъ теоріи Нютона, что сопротивленія пропорціональны квадрату синуса паденія воды, даетъ выводы невѣрные и по мѣрѣ уменьшенія угла паденія; но можетъ быть употребленъ какъ приближенное средство, когда тотъ уголъ не менѣе 54° (Борда оп. 3; Даламберта оп. 4; Боссю оп. 1).

§ 71. Всѣ вышеописанные опыты, хотя и доказали несправедливость Нютоновой теоріи, но не могли показать истинныхъ законовъ дѣйствія воды, которые бы послужили основаніемъ новой теоріи, точной и удобоприложимой къ практикѣ.

На счетъ этого Парижская Академія наукъ сдѣлала замѣчаніе, что при произведеніи опытовъ обращали вниманіе только на сопротивленіе воды вообще всему тѣлу, а не наблюдали частныхъ дѣйствій или сопротивленій на каждую частицу тѣла отдѣльно; но такія сопротивленія на частицы въ различныхъ мѣстахъ тѣла весьма много между собою

разствуютъ. Каждый опытъ показывалъ только средній выводъ дѣйствія воды, который закрывалъ всѣ первоначальныя явленія, а потому и приложеніе его годилось только для того обстоятельства, при которомъ онъ выведенъ, безъ всякаго общаго примѣненія.

Бюатъ, кажется, первый увидѣлъ эту ошибку, и потому старался измѣрять мѣстныя давленія на разныя части погруженной поверхности тѣла. Опыты его, производимые въ 1780—1783 годахъ, хотя не въ большемъ количествѣ, но представляютъ много любопытныхъ выводовъ, между коими примѣчательны слѣдующіе:

1) Къ передней части неподвижнаго тѣла, встрѣчающей теченіе воды, былъ приставленъ ящикъ съ отверстіями на передней сторонѣ, въ которыхъ были поставлены искривленныя трубки съ поплавками.— Замѣчено, что поплавки трубокъ, которыхъ отверстія близъ центра передней стороны, поднялись; а тѣ, которые около краевъ, опустились. Это подало поводъ къ заключенію, что передняя часть тѣла не во всякой точкѣ встрѣчаетъ одинаковое сопротивленіе, но что оно бываетъ самое большее въ центрѣ, а къ краямъ постепенно уменьшается.— Заключеніе, которое показываетъ, что водяныя частицы, возмущаемыя тѣломъ, движутся не по напра-

вленію движенія судна, а описываютъ нѣкоторыя кривыя линіи; иначе площадь, предпоставленная ударенію воды, встрѣчала бы во всѣхъ точкахъ одинаковое сопротивленіе.

Другой опытъ Бюата доказалъ несправедливость втораго предположенія теоріи Нютона; изъ этаго опыта видно, что сопротивленіе на тѣло, движущееся въ стоячей водѣ, съ нѣкоторою скоростію относится къ ударенію воды, текущей съ тою же скоростію, какъ 10 : 13.

§ 72. Математическими изысканіями законовъ сопротивленія жидкостей, кромѣ Нютона, Даламберта и Эйлера, занимались многіе знаменитые ученые: Бугеръ, Донъ-Жуанъ, Даніилъ Бернулій, Чапманъ и наконецъ Роммъ. Они оставили намъ многія теоріи, отличающіяся глубокими и остроумными изысканіями, но не дали почти никакихъ данныхъ, могущихъ служить съ пользою при найденіи главныхъ основъ, для сочиненія чертежей.

Изложеніе всѣхъ сихъ теорій, не принеся существенной пользы, отдалило бы насъ отъ главной цѣли — сочиненія чертежей. И потому, не останавливаясь болѣе на этомъ предметѣ, покажемъ теорію Ромма, хотя тоже неточную, но ближайшую всѣхъ къ практикѣ; это тѣмъ болѣе нужно, что она принята

за основаніе при сравненіи чертежей Россійскаго флота.

§ 73. Каково бы ни было движущееся тѣло, сопротивленіе воды на него всегда можетъ быть представлено формулою

$$R=F(P.\ x),$$

гдѣ P представляетъ горизонтальное давленіе воды по направленію движенія; x — множитель, зависящій отъ образованія поверхности судна. Выше видѣли, что давленіе воды на неподвижное тѣло (§ 63) по направленію его движенія:

$$P=2Ahk.$$

Это доказательство подтверждается опытами Ромма на рѣкѣ Шарентѣ. Онъ взялъ двѣ трубки: одну прямую, а другую искривленную; оба конца каждой трубки были открыты, и въ одномъ изъ нихъ помѣщался пробочный поплавокъ, къ которому прикрѣпленъ прутъ, раздѣленный на дюймы и линіи. Обѣ трубки погрузили сперва въ стоячую воду и замѣтили высоту поплавковъ. Потомъ погрузили ихъ въ текучую воду до той же глубины; колѣно искривленной трубки направлено было по теченію. — Тогда замѣтили, что поплавки въ трубкахъ опустились на 1 дюймъ. Тоже самое было, когда колѣно искривленной трубки поставлено было перпендикулярно къ теченію. Но когда колѣно по-

ставили противъ теченія, то замѣтили, что поплавки поднялись на 1 дюймъ выше, противъ горизонта окрестной воды. Скорость теченія во время опыта была $2\frac{1}{2}$ фута; вычисливъ высоту, ей соотвѣтствующую, получимъ 1,08 дюйм., которая весьма мало разнствуетъ отъ возвышенія и пониженія поплавковъ.

§ 74. Станемъ искать сопротивленіе воды, которое тотъ же паралелепипедъ получаетъ, двигаясь въ спокойной водѣ со скоростію, соотвѣтствующею высотѣ h.

Вообразимъ, что паралелепипедъ, котораго передняя сторона ABHK, разсѣченъ на горизонтальные слои. Пусть ABCD основаніе одного изъ сихъ слоевъ; AL — высота. Надлежитъ, во-первыхъ, опредѣлить частное сопротивленіе на каждый изъ таковыхъ слоевъ, дабы по тому судить о цѣломъ сопротивленіи. черт. 16.

Положимъ, что сѣченіе ABCD углублено отъ верха воды на высоту q; AB$=a$ и AL$=rq$, гдѣ r — дробь; arq—будетъ площадь передней стороны слоя.

Когда паралелепипедъ въ движеніи, сопротивленіе на переднюю сторону, бывшее въ состояніи покоя соразмѣрно q, увеличится высотою h, соотвѣтствующею скорости теченія и будетъ соразмѣрно $q+h$.

Опытъ оправдалъ и это разсужденіе: челнокъ, движущійся равномѣрною скоростію, прошелъ 100 футъ въ 21 секунду; во время движенія погружаемы были трубки съ поплавками. Примѣчено, что поплавокъ искривленной трубки, обращенной отверстіемъ впередъ, *поднялся выше горизонта* воды на 4 дюйма 7 линій, а поплавокъ прямой трубки на столько же понизился. Высота, соотвѣтствующая скорости движенія челнока $=4$ дюйм. $6\frac{2}{11}$ линій. Если K представляетъ удѣльный вѣсъ воды, то сопротивленіе на переднюю сторону слоя будетъ:

$$\mathrm{K}arq\,(q+h)=\mathrm{KA}(q+h).$$

Сопротивленія на боковыя стороны, будучи равны и прямопротивны, разрушаются. Остается разсмотрѣть сопротивленіе на заднюю *сторону*.

Черт. 19. Положимъ, что задняя сторона паралелепипеда, имѣвшая сперва положеніе JN, перешла въ NC, тогда частицы воды будутъ стрѣмиться за тѣломъ и наполнять пространство HCJN; но это стрѣмленіе не вездѣ одинаково. Пусть NO$=h$. Частица O, имѣя высоту, соотвѣтствующую скорости движенія тѣла, будетъ только догонять его, не производя никакого давленія; частицы, находящіяся выше *o*, имѣя скорость, меньшую противъ тѣла, будутъ отъ него отставать

и отъ того во время движенія образуется пустота или ложбина PQN. Слѣдовательно на часть тѣла, высотою$=$HP$=h$, давленія не будетъ, а потому и полное давленіе на корму, соразмѣрно этой высотѣ, уменьшится.

Частицы воды ниже точки O также не имѣютъ полнаго давленія, ибо оно разрѣшается на двѣ скорости, изъ коихъ одна производитъ давленіе, а другая догоняетъ тѣло, и съ увеличеніемъ высоты h уменьшается.

Итакъ полное давленіе на заднюю сторону слоя будетъ соразмѣрно $q-h-h=q-2h$, или$=$KA$(q-2h)$.

Производное горизонтальное сопротивленіе будетъ KA$(q+h)$—KA$(q-2h)=3$KhA.

То же сопротивленіе по теоріи Нютона выходитъ 2KhA.

§ 75. Тѣло во время своего движенія понуждаетъ и водяныя частицы къ движенію, и чѣмъ онѣ скорѣе могутъ убѣжать отъ движущагося тѣла, тѣмъ полное сопротивленіе будетъ меньше, и обратно.

Движущееся тѣло въ каждое мгновеніе выдавливаетъ изъ-подъ себя количество воды, равное величинѣ передней его части, отдѣляемой наибольшимъ сѣченіемъ; эта масса воды по необходимости должна подняться выше горизонта воды и образовать впереди тѣла возвышеніе, отъ котораго весьма мно-

го увеличивается сопротивленіе. Такое возвышеніе можетъ быть болѣе или менѣе, смотря по удобности, съ которою частицы могутъ убѣгать въ стороны:— если онѣ убѣгаютъ по одному только направленію, въ передъ;— возвышеніе будетъ наибольшее, а чѣмъ болѣе направленій для ихъ движенія, тѣмъ менѣе возвышеніе воды и самое сопротивленіе.

Означимъ вообще удобность убѣганія частицъ чрезъ U, и какъ она обратно пропорціональна сопротивленію, то будетъ

$\frac{3khA}{U}$—полное сопротивленіе на одинъ слой.

Подобнымъ образомъ найдемъ сопротивленіе на другіе слои: $\frac{3khB}{U}$, $\frac{3khC}{U}$ и т. д., взявъ сумму частныхъ сопротивленій, получимъ полное сопротивленіе на весь параллелепипедъ:

$$R = \frac{3kh(A+B+C+\ldots)}{U} = \frac{3kh\mathfrak{A}}{U},$$

гдѣ $\mathfrak{A} = A+B+C+\ldots$ представляетъ площадь передней стороны параллелепипеда.

§ 76. Разсмотримъ теперь давленіе на призму, которой носъ и корма углоподобны.

Черт. 20. Пусть ACEDBF представляетъ горизонтальное сѣченіе такой призмы, углубленное отъ верха воды на разстояніе q, и котораго толщина $= rq$; наибольшая ширина AB $= a$.

Положимъ, что $ba = u$ представляетъ ско-

рость движенія тѣла по направленію движенія EG. Эта скорость разрѣшается на двѣ bd, ad;—первая bd, параллельная, уничтожается, а послѣдняя ad представляетъ сопротивленіе. Означивъ уголъ baF чрезъ α, имѣемъ $ad = u. \sin. \alpha$. Высота, соотвѣтствующая этой скорости, найдется по пропорціи: $u^2 : u^2. \sin.^2 \alpha = h : x$, откуда $x = h \sin.^2 \alpha$.

Каждая частица носа отталкиваетъ отъ себя воду со скоростію $u. \sin. \alpha$; а потому давленіе увеличится соразмѣрно высотѣ $h. \sin.^2 \alpha$ и будетъ $= q + h. \sin.^2 \alpha$. То же давленіе увеличивается пропорціонально площади наибольшаго сѣченія A; слѣдовательно сопротивленіе на всю носовую часть будетъ КA$(q + h. \sin.^2 \alpha)$.

Давленіе $gh = u$, на какую либо частицу задней стороны слоя, также разрѣшается на двѣ силы: параллельная gl, уничтожается, а перпендикулярная gi производитъ давленіе; величина послѣдней будетъ $= u \sin. \beta$, а соотвѣтствующая ей высота $= h. \sin.^2 \beta$.

Когда тѣло находится въ движеніи со скоростію, соотвѣтствующею высотѣ h, то частицы воды, имѣющія высоту меньшую $h. \sin.^2 \beta$, будутъ отставать отъ движущагося тѣла, отчего позади его образуется пониженіе, коего глубина $= h. \sin.^2 \beta$. Соразмѣрно этой глубинѣ давленіе на корму уменьшится.

Частицы, углубленныя болѣе, нежели $h. \sin.^2 \beta$,

будутъ имѣть двѣ скорости, изъ коихъ одна производитъ давленіе, а другая только догоняетъ тѣло. По мѣрѣ увеличенія скорости тѣла, первая уменьшается, а послѣдняя увеличивается соразмѣрно высотѣ h.

Итакъ полное давленіе на корму уменьшается соразмѣрно h и $h. \sin.^2 \beta$, и будетъ $KA(qh—h—. \sin.^2 \beta)$. Вычтя это давленіе изъ носоваго, получимъ полное давленіе на весь слой

$$KA\,h(1+\sin.^2 \alpha+\sin.^2 \beta).$$

Эта формула показываетъ зависимость сопротивленія отъ давленія; но для найденія полной силы сопротивленія воды, должно принять еще удобность, съ которою жидкія частицы убѣгаютъ отъ движущагося тѣла. Она зависитъ, какъ отъ образованія носа, такъ и отъ мѣста движенія.— Вообще замѣчено, что то же тѣло въ узкомъ каналѣ встрѣчаетъ меньшее сопротивленіе, нежели въ открытой водѣ. Что касается до образованія носа, то ясно, чѣмъ болѣе уголъ GFB, тѣмъ частицы удобнѣе могутъ убѣгать въ стороны. Вотъ причина, по которой уголъ GFB принятъ за мѣру удобности убѣганія частицъ. И какъ сопротивленіе обратно пропорціонально удобности, то полное сопротивленіе на слой будетъ:

$$R=\frac{KAh(1+\sin.^2\alpha+\sin.^2\beta)}{GFB}=\frac{\kappa Ah(1+\sin.^2\alpha+\sin.^2\beta)}{180^\circ-\alpha}$$

или на все тѣло

$$R=\frac{K\boxtimes h(1+sin.^2\alpha+sin.^2\beta)}{180^\circ-\alpha}$$

$\boxtimes$ представляетъ площадь наибольшаго сѣченія, перпендикулярнаго къ направленію движенія.

§ 77. Когда корма прямая $\beta=90^\circ$, $sin.^2\beta=1$, и

$$R=\frac{K\boxtimes h(2+sin.^2\alpha)}{180-\alpha}$$

Но если и носъ прямой, т. е. тѣло имѣетъ видъ паралелепипеда,

$$R=\frac{3K\boxtimes .\ h}{90^\circ}$$

Положимъ, что паралелепипедъ и призма, приведенные въ движеніе какою либо силою P, получили равномѣрное движеніе; тогда сопротивленіе каждаго изъ тѣлъ равно P, только будутъ различныя скорости, слѣдовательно

$$\frac{3K\boxtimes h}{90}=\frac{K\boxtimes H(2+sin.^2\alpha)}{180-\alpha}, \text{ или}$$

$$\frac{h}{30}=\frac{H(2+sin.^2\alpha)}{180-\alpha}, \text{откуда } h:H=30(2+sin.^2\alpha):180-\alpha;$$

но также $h : H=u^2 : U^2=T^2 : t^2$, ибо скорости обратно пропорціональны временамъ, будетъ

$$T^2 : t^2=30(2+sin.^2\alpha) : 180-\alpha, \text{ откуда}$$

$$T=\sqrt{\frac{30\,t^2(2+sin.^2\alpha)}{180-\alpha}};$$

по данной величинѣ t и α, количество T легко можетъ быть найдено.

Боссю двигалъ въ водѣ паралелепипедъ по направленію, перпендикулярному къ передней сторонѣ, и замѣтилъ, что онъ перешелъ нѣкоторое разстояніе a въ 37,32 секундъ. Потомъ переднюю сторону паралелепипеда накрывалъ различными носами, составленными изъ двухъ вертикальныхъ плоскостей; углы паденія измѣнялись отъ 84° до 6°; и всегда замѣчалъ время, въ которое тѣла переходили разстояніе a. Такимъ образомъ найденная величина t, при различныхъ углахъ паденія, послужила для повѣрки формулы

$$T = \frac{\sqrt{30t^2(2+\sin.^2 a)}}{180-a}.$$

Вотъ слѣдствія того и другаго:

углы паденія.	время движенія.		
	Количество T по опыту.	Количество T по теоріи Ромма.	Количество T по теоріи Ньютона.
60°	32,77	30,94	32,52
54	31,05	29,67	30,19
48	29,27	28,42	27,73
42	27,51	27,22	24,97
36	25,86	26,09	21,93
30	24,77	25,03	18,66
24	24,30	23,08	15,18

Отсюда видно, что обыкновенная теорія даетъ выводы, весьма близкіе къ истинѣ, до тѣхъ поръ, пока углы паденія не менѣе 54°.

§ 78. Несходство теоріи Ромма съ опытомъ можно подвести подъ законъ параболы.

Вычисливъ при различныхъ углахъ отношеніе времени T, полученному по формулѣ Ромма, ко времени, взятому изъ опытовъ, положимъ ихъ по перпендикулярамъ, поставленнымъ на какой либо прямой и отстоящихъ одинъ отъ другаго на произвольное разстояніе 1,5 фута. Такое отношеніе при 60° — 0,866 при 54° — 0,955, при 48° — 0,971 и т. д. Самое большее — при 30°. Отсюда до 0° отношеніе уменьшается и при $a=o$ отношеніе также нуль.

Проведенная по полученнымъ такимъ образомъ точкамъ согласная кривая линія будетъ близко подходить къ обводу параболы. Въ этомъ мы удостовѣрились, вычертивъ ту кривую линію на самомъ дѣлѣ.

Полагая, что вершина параболы при 30°, гдѣ наибольшая абцисса = 1,01 фут.; наибольшая ордината въ одну сторону будетъ 13,5, а въ другую 7,5 футовъ. Указатель параболы отъ 30 до 90°, $n=0,69$, а отъ 30° до 0°, $n=0,2$; параметръ первой $p=5,217$, а второй $=1,481$.

Изъ общаго управленія параболы $y^n=px$,

имѣемъ $x=\frac{y^n}{p}$. Въ настоящемъ случаѣ x представляютъ отношенія выводовъ теоріи Ромма къ выводамъ изъ опытовъ. И потому каждый изъ первыхъ выводовъ, умноженный на x, дастъ истинную величину, согласную съ опытами.

Будетъ $T=\frac{y^n}{p}\sqrt{\frac{30t^2(2+sin.^2\alpha)}{180-\alpha}}$, или

когда $\alpha=$ отъ 90° до 30°, $T=\frac{y^{0,96}}{5,217}\sqrt{\frac{30t^2(2+sin.^2\alpha)}{180-\alpha}}$;

когда $\alpha=$ отъ 30° до 0°, $T=\frac{y^{0,2}}{1,481}\sqrt{\frac{30t^2(2+sin.^2\alpha)}{180-\alpha}}$;

ординаты y считаются отъ 30° къ 0° и къ 90°, разстояніе между ними 1,5 фута; такъ наприм. первая абцисса, соотвѣтствующая 24°, отстоитъ отъ абциссы 30° на 1,5 фута. На такое же разстояніе въ другую сторону удалена абцисса, соотвѣтствующая 36°. Короче, на каждые 6° отъ наибольшей абциссы, соотвѣтствующей 30°, должно прибавлять къ ординатѣ y 1,5 фута. Изъ тѣхъ формулъ имѣемъ: когда $\alpha=$ отъ 30° до 90°,

$R=\frac{h(2+sin.^2\alpha)y^{2n}}{(180-\alpha)p^2}$ &c. $=\frac{h(2+sin.^2\alpha)y^{1,38}}{(180-\alpha)\,27,216}$ &c.;

когда $\alpha=$ отъ 30° до 0°, $R=\frac{h(2+sin.^2\alpha)y^{0,4}}{(180-\alpha)2,19}$

Подобную поправку, кажется, можно про-

извести, сличая выводы другихъ опытовъ съ теоріею Ромма.

§ 79. Приложеніе формулы сопротивленія воды къ кораблю Роммъ основываетъ на слѣдующемъ предположеніи:

Тѣло, движимое впередъ носомъ или кормою, встрѣчаетъ всегда одинаковое сопротивленіе, не смотря на образованіе оконечностей. Въ доказательство этого приводитъ опытъ, произведенный имъ надъ моделью 74 пуш. корабля и надъ тѣломъ, коего мидель-шпангоутъ и діаметральная плоскость были тѣ же, что и у модели, но ватерлиніи образованы прямыми, проведенными отъ обвода мидель-шпангоута къ стему и старнпосту.

Сравнивая сопротивленія, получаемыя обѣими моделями, Роммъ нашелъ, что онѣ при равныхъ углубленіяхъ, движимыя тѣми же тяжестями, переходили, въ одно время, равныя разстоянія. Потомъ обѣ половины разсѣчены пополамъ, и передняя половина первой модели была приставлена къ задней половинѣ второй и обратно. — Но и тогда тѣла, движимыя равными тяжестями, имѣли ту же скорость, не смотря на то, взадъ или впередъ тѣло двигалось.

Изъ этого выходитъ заключеніе, что какая бы кривая линія ни была, лишь бы имѣла правильную кривизну безъ точекъ переги-

ба и возврата, всегда *сопротивленіе на хорду или на дугу кривой линіи одинаково.*

Въ подтвержденіе того Роммъ приводитъ опыты Борда и Чапмана, изъ коихъ первый нашелъ, что разность въ сопротивленіи весьма нечувствительна которымъ бы концомъ тѣло не двигалось. Послѣдній же двигалъ тѣло, которое съ одного конца имѣло видъ параболоида вращенія, а съ другаго — прямаго конуса. Основаніе обоихъ одинаково. Но первый опытъ показалъ, что разность существуетъ; нечувствительна, отъ того, что размѣренія тѣла не велики. Послѣдній опытъ Чапмана произведенъ былъ надъ тѣломъ, имѣющимъ весьма малыя размѣренія, и потому вѣрныхъ слѣдствій отъ него ждать нельзя.

Даже самый опытъ Ромма надъ моделями, которыя имѣли 14 футъ длины, показываетъ нѣкоторую разность въ движеніи ихъ, разумѣется небольшую — только $\frac{1}{2}$ секунды. Но принявъ въ разсужденіе, что каждое наблюденіе продолжалось не долго, то и малѣйшая разность во времени, дастъ великую погрѣшность въ сопротивленіи. Въ опытахъ, при наименьшей скорости, тѣла́ проходили извѣстное разстояніе въ 24 секунды, а при большихъ скоростяхъ въ 15 и даже въ 13 секундъ. Самая ничтожная разность, какую можно замѣтить въ столь короткое время,

произведетъ въ выводѣ весьма чувствительную перемѣну.

Наконецъ всѣ выше приведенные опыты показываютъ, что образъ оконечностей имѣетъ вліяніе на сопротивленіе даже при тѣлахъ малыхъ размѣреній; тѣмъ болѣе это должно существовать въ мореходныхъ судахъ.

§ 80. Не смотря на всѣ замѣчанія, формула сопротивленія воды Ромма гораздо ближе ведетъ къ цѣли, нежели всѣ другія, извѣстныя донынѣ; особенно, если вмѣсто α и β вставимъ углы паденія не на хорды ватерлиній, а на самые обводы. По ней можно вычислить сопротивленіе воды на каждый горизонтальный слой судна; сумма всѣхъ частныхъ сопротивленій покажетъ полное сопротивленіе на все судно. Но если такое вычисленіе покажется многосложнымъ, тогда вычисливъ средній уголъ паденія воды на нось и на корму каждой ватерлиніи каждаго батокса, взять между ними средія, и поставить въ найденную формулу вмѣсто α и β. Тогда получится искомое сопротивленіе воды на корабль.

$$R = \frac{\kappa . h(1 + sin.^2 \alpha + sin.^2 \beta)}{180^\circ - \alpha} \mathfrak{M}.$$

гдѣ α и β, средніе углы паденія на нось и на корму; $\mathfrak{M}$ — площадь мидель-шпангоута.

Должно замѣтить, что опредѣляя средній уголъ паденія, нужно вычислить сперва сред-

ніе углы на батоксы и на ватерлиніи; и средній между ними принимать за уголъ паденія воды на весь корабль.

§ 81. Разсматривая формулу сопротивленія воды Ромма, можно вывести слѣдующія заключенія:

1) *Сопротивленіе воды на корабль пропорціонально квадрату скорости.*

2) *Сопротивленіе уменьшается съ уменьшеніемъ среднихъ угловъ паденія воды на носъ и на корму.*

При той же длинѣ углы паденія воды, увеличиваются отъ полноты обводовъ ватерлиній и батоксовъ, а при одинаковой площади обводовъ, отъ увеличенія ширины противъ длины, т. е.

3) *При постоянной ширинѣ судна, сопротивленіе будетъ уменьшаться съ увеличеніемъ длины; а при той же длинѣ— съ уменьшеніемъ ширины.*

4) *Излишняя полнота батоксовъ и ватерлиній увеличиваетъ сопротивленіе.* Но для доставленія судну приличнаго водоизмѣщенія, иногда нельзя дать большой остроты симъ обводамъ, тогда должно пополнять ватерлиніи, дѣлая сколь можно острѣе батоксы, ибо уменьшеніе сопротивленія отъ нихъ зависитъ болѣе.

5) *Сопротивленіе будетъ уменьшаться, по*

мѣръ уменьшенія площади мидель-шпангоута.

Полагая, что обводъ мидель-шпангоута парабола m степени, будетъ

$$\mathfrak{M}=\frac{m}{m+1}BH, \text{ гдѣ } B\text{—ширина, } H\text{—глубина.}$$

Отстояніе центра тяжести мидель-шпангоута отъ грузовой ватерлиніи

$$b=\frac{m+1}{2(m+2)}H, \text{ откуда}$$

$$H=\frac{2(m+2)b}{m+1}; \text{ посему}$$

$$\mathfrak{M}=\frac{m}{m+1}\cdot\frac{2(m+2)b}{m+1}.B=\frac{2m(m+2)b.B}{(m+1)^2}$$

При постоянной величинѣ m, эта дробь будетъ уменьшаться отъ уменьшенія ширины B и разстоянія b, откуда происходитъ:

5) *Чѣмъ ближе центръ тяжести мидель-шпангоута къ грузовой ватерлиніи, тѣмъ менѣе сопротивленіе.*— И потому изъ двухъ кораблей тотъ будетъ встрѣчать меньше сопротивленія, у котораго обводъ мидель-шпангоута имѣетъ острое образованіе при килѣ, а самое полное при грузовой ватерлиніи.

Выше выведено, § 30, отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи

$$g=\frac{h}{2h+1}H,$$

гдѣ h представляетъ указателя линіи горизонтальныхъ сѣченій. Отсюда

$$\mathrm{H}=\frac{g(1+2h)}{\mathrm{h}}, \text{ а потому}$$

$$\mathfrak{X}\left(=\frac{m}{m+1}\mathrm{BH}\right)=\frac{m}{m+1}\,\frac{g(1+2h)}{h}\mathrm{B}=\frac{m(1+2h)}{h(m+1)}g.\mathrm{B}.$$

Отсюда видно:

6) Что для уменьшенія площади мидель-шпангоута, а слѣдовательно и сопротивленія, *нужно уменьшать отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи.*

Къ тому же заключенію приводитъ насъ и опытъ Бюата (§ 71); ибо всегда можно положить, что производная сила горизонтальнаго сопротивленія проходитъ около центра величины, слѣдовательно, чѣмъ ближе эта точка къ поверхности воды, тѣмъ дѣйствіе производной силы сопротивленія воды будетъ менѣе.

7) *Увеличеніе глубины судна увеличиваетъ сопротивленіе воды.*

Вотъ всѣ слѣдствія, которыя можно вывести изъ формулы Ромма. Присовокупимъ къ нимъ другія, полученныя изъ вышеприведенныхъ опытовъ.

8) *Обводы ватерлиній должны имѣть видъ правильной и согласной кривой линіи, безъ всякой вогнутости въ носу.* Всѣ опыты подтверждаютъ, что кривообразный выпуклый носъ

уменьшаетъ сопротивленіе, а вогнутый увеличиваетъ. И какъ для уменьшенія производнаго сопротивленія нужно уменьшать носовое, а увеличивать кормовое; слѣдовательно нужно, чтобъ носовыя ватерлиніи, батоксы, и шпангоуты были кривыя линіи выпуклыя, а кормовыя можно дѣлать вогнутыми.

9) *Увеличеніе полноты носовой части предъ кормового уменьшаетъ сопротивленіе. Излишняя острота носа увеличиваетъ оное.* И потому мидель-шпангоутъ помѣщаютъ впереди средины грузовой ватерлиніи.

На этотъ предметъ былъ произведенъ опытъ въ 1757 году, Тевенардомъ. Онъ сравнивалъ построенные имъ въ Грандвилѣ два 26-ти-пушеч. фрегата, которые были во всѣхъ отношеніяхъ одинаковы, кромѣ того, что одинъ (Comte de la rivière) имѣлъ киль на 8 футъ короче противъ другаго (Marigny); т. е., при той же длинѣ грузовой ватерлиніи, у перваго уклонъ стема былъ 12 футъ, а у втораго только 4 фута. Слѣдствія наблюденій надъ ними показали, что первый фрегатъ, коего киль на 8 футъ короче и нижняя ватерлинія не имѣли вогнутости, лучше ходилъ, держался къ вѣтру и легче поворачивался, нежели послѣдній, коего киль на 8 футъ длиннѣе и носовыя ватерлиніи въ носу были вогнуты.

Выводы подобныхъ опытовъ, произведен-

ныхъ при различномъ состояніи моря, съ надлежащимъ вниманіемъ и точностію, весьма драгоцѣнны, но къ сожалѣнію ихъ еще слишкомъ мало.

Изъ опытовъ Чапмана, помѣщенныхъ въ Запискахъ Штокгольмской Академіи на 1795 годъ, особенно замѣчательно, что отъ уменьшенія остроты кормы сопротивленіе уменьшается только до тѣхъ поръ, пока поверхность кормы съ направленіемъ движенія составляетъ уголъ не болѣе 26° 34'. Между 14° 23' и 11° 55' сопротивленіе то же. Но если уголъ паденія на корму менѣе 11° 55', сопротивленіе опять возрастаетъ. Откуда Чапманъ заключаетъ, что уголъ паденія воды на корму, при которомъ сопротивленіе наименьшее, будетъ между 14° 23' и 11° 55'.

Въ послѣдствіи мы будемъ еще говорить объ этомъ предметѣ, а теперь заключимъ, что для доставленія судну наименьшаго сопротивленія, не должно никогда дѣлать кормовую часть полнѣе носовой: нужно, чтобъ носовая часть была полнѣе, или обѣ равнообразны.

Должно замѣтить, что описанные опыты, не смотря на свою многочисленность, еще весьма далеки отъ того, чтобы указать путь къ истинѣ, и это уже доказываетъ безнадежность когда либо достигнуть подобными опытами къ теоріи точно удобоприложимой и

согласной съ практикою во всѣхъ отношеніяхъ. Одно только, отъ чего Корабельная Архитектура можетъ ожидать удовлетворительнаго рѣшенія вопроса о сопротивленіи жидкостей: это постоянное наблюденіе и опыты, производимые надъ кораблями въ морѣ.

ГЛАВА VI.

О ДВИЖЕНІИ СУДОВЪ.

§ 82. Когда судно находится въ движеніи, на него дѣйствуютъ, кромѣ тяжести и вертикальнаго давленія воды, двѣ силы: дѣйствіе вѣтра на паруса, и противодѣйствующее ему горизонтальное сопротивленіе воды. Отъ надлежащаго сорасположенія этихъ силъ зависитъ скорость хода.

Когда судно въ покоѣ, сопротивленіе на погруженную часть его равно нулю.— Въ первый моментъ, какъ только начнется движеніе, напоръ вѣтра на паруса самый сильный, а сопротивленіе воды нуль. Съ увеличеніемъ скорости, сопротивленіе увеличивается, а сила вѣтра постепенно уменьшается, потому, что она разрѣшается на двѣ скорости: одною производитъ давленіе на паруса, а другою старается догнать убѣгающее судно. И такъ въ началѣ движенія сопротивленіе воды имѣетъ

наименьшую величину, а сила вѣтра—наибольшую, потомъ первая изъ нихъ увеличивается, а послѣдняя уменьшается; ясно, что спустя нѣсколько времени отъ начала движенія, сила сопротивленія воды сравнятся съ силою вѣтра, и тогда послѣдуетъ движеніе равномѣрное, если только не измѣнится сила вѣтра, пространство и расположеніе парусовъ. Отсюда видно, что всякое судно, двигаясь подъ парусами, спустя нѣкоторое время, принимаетъ движеніе равномѣрное. — Всѣ обстоятельства движенія судовъ разсматриваются только въ этомъ случаѣ, т. е. предполагая, что движущая сила вѣтра равна противудѣйствующей силѣ сопротивленія воды.

§ 83. Главное условіе движенія всякаго судна то, чтобъ оно ни въ какомъ случаѣ не уклонялось отъ направленія, по которому его правятъ, и постоянно сохраняло прямое свое положеніе.

Разсмотримъ, можно ли всегда соблюсти таковыя условія, и если нельзя, то поищемъ средствъ сколь можно менѣе отъ нихъ удаляться.

Направленіе движенія зависитъ отъ направленія силы вѣтра.

Если вѣтръ дуетъ съ кормы, по направленію корабля или по направленію киля,

то вѣтръ и путь корабля называется *фордевиндъ* или *попутный.*

Когда вѣтръ, не переставая дуть съ кормы, будетъ составлять съ килемъ уголъ, болѣе или менѣе острый, тогда вѣтръ и путь называется *бакштагъ* или *боковой.*

Если вѣтръ дуетъ подъ прямымъ угломъ къ килю, тогда вѣтръ и путь корабля называется *галфвиндъ* или *полвѣтра.*

Наконецъ, когда вѣтръ, дующій съ носу, составляетъ съ килемъ уголъ болѣе или менѣе острый, но меньшій прямаго, тогда вѣтръ и путь называется *бейдевиндъ* или *крутой.*

§ 84. Направленіе вѣтра всегда бываетъ горизонтально, и потому, чтобъ сила его могла производить самое большее дѣйствіе, паруса должны быть расположены вертикально при всѣхъ направленіяхъ вѣтра.

Когда судно идетъ на фордевиндъ, — паруса ставятся подъ прямымъ угломъ къ килю; тогда вѣтръ будетъ дѣйствовать на нихъ полною силою, и сообщитъ судну движеніе по направленію киля.

По мѣрѣ увеличенія скорости хода, сопротивленіе на носовую часть судна будетъ увеличиваться, а на кормовую — уменьшаться; слѣдовательно въ то же время производная сила сопротивленія воды будетъ приближаться къ носу, и, не проходя чрезъ центръ

тяжести, сообщитъ судну вращательное движеніе, отъ котораго носовая оконечность подниметея, а кормовая опустится, т. е. судно получитъ диферентъ на корму, который будетъ увеличиваться вмѣстѣ со скоростію.

§ 85. Если судно идетъ въ бакштагъ и парусы поставлены перпендикулярно къ килю, то курсъ корабля не перемѣнится.

Черт.21. Пусть FH представляетъ направленіе вѣтра, дѣйствующаго на парусъ MN, поставленный перпендикулярно къ килю AB. Прямая HE, представляющая силу вѣтра, разрѣшается на двѣ силы: HP и HK, изъ коихъ первая, параллельная парусу, не произведетъ на него дѣйствія, а останется только вторая сила HK перпендикулярная; — она сообщитъ кораблю движеніе по направленію киля AB. Отсюда видно, что судно можетъ идти на фордевиндъ, въ бакштагъ, даже до галфвинда, не перемѣняя положенія парусовъ. Но должно замѣтить, что съ уменьшеніемъ угла FHM, дѣйствующая сила HK уменьшается, и съ тѣмъ вмѣстѣ уменьшается скорость судна. —Это показываетъ, что паруса должно поворачивать (брасопить) наклонно къ килю, по мѣрѣ того, какъ перемѣняется направленіе вѣтра.

Черт.22. § 86. Пусть MN представляетъ положеніе

паруса, обрасопленнаго въ бейдевиндъ; FH—направленіе вѣтра; HE — величина силы его.

Разрѣшимъ HE на HK перпендикулярную, и на HL, параллельную парусу MN. Послѣдняя сила уничтожится, а первая сообщитъ судну движеніе. Дѣйствующая сила HK опять разрѣшается на HO и HP; первая, параллельная килю, сообщаетъ судну поступательное движеніе впередъ, а послѣдняя будетъ понуждать его двигаться въ бокъ. Отъ дѣйствія этихъ силъ судно будетъ двигаться по нѣкоторому направленію HJ, составляющему съ килемъ корабля уголъ AHJ, который называется *дрейфомъ*.

Итакъ въ бейдевиндъ судно имѣетъ два движенія: прямое и боковое, и не имѣя ни того, ни другаго, идетъ по направленію, составляющему съ килемъ нѣкоторый уголъ.

Боковая сила вѣтра, заставляющая судно дрейфовать, раждается отъ того, что паруса обрасоплены наклонно къ килю; и какъ это необходимо въ косвенныхъ путяхъ, слѣдовательно нѣтъ возможности уничтожить силу, производящую дрейфъ, а должно противупоставить ей другую силу, которая бы уничтожила или, покрайней мѣрѣ, сколь можно болѣе дѣйствовала къ его уменьшенію.

§ 87. Пусть уголъ MHA $= \beta$, — будетъ:

прямая сила вѣтра НО = НК. *sin.* НКО, боковая сила НР = НК. *sin.*НКР; но уг. НКО = уг. КНР = β и *sin.* НКР = *cos.* КНР, слѣдовательно

прямая сила вѣтра = НК *sin.* β,

боковая сила вѣтра = НК *cos.* β.

Отсюда видно, что при той же величинѣ НК, по мѣрѣ уменьшенія угла β, составляемаго направленіемъ паруса съ килемъ, прямая сила вѣтра уменьшается, а боковая увеличивается. — Итакъ *чѣмъ острѣе уголъ, составляемый парусомъ съ килемъ, тѣмъ болѣе сила вѣтра, производящая дрейфъ.* Уголъ β долженъ быть таковъ, чтобы произведеніе НК. *sin.* β имѣло наибольшую величину, а это тогда только можетъ случиться, когда онъ составляетъ половину угла FHA, составляемаго направленіемъ вѣтра съ килемъ. — Заключеніе, совершенно согласное съ опытами.

Какъ бы ни былъ малъ уголъ β, все произведеніе НК. *sin.* β будетъ имѣть какую либо величину, тѣмъ болѣе, что НК увеличивается съ уменьшеніемъ β, и казалось бы, что можно ходить почти противнымъ вѣтромъ. Но опытъ показываетъ, что для сообщенія судну чувствительнаго движенія, нужно, чтобъ уголъ вѣтра съ парусомъ былъ покрайней мѣрѣ 1 румбъ, т. е. 11° 15'. Притомъ же ванты препятствуютъ на корабляхъ и фрегатахъ поворачивать реи менѣе 3 румбовъ, и

по этой причинѣ первые не могутъ ходить къ вѣтру ближе $5\frac{1}{2}$ румбовъ, и весьма рѣдко 5 румбовъ. Обыкновенно же для кораблей линія бейдевинда въ 6 румбовъ, или въ 67° 30′ отъ вѣтра. Слѣдовательно, для увеличенія прямой силы вѣтра и уменьшенія боковой, производящей дрейфъ, уголъ β въ корабляхъ долженъ быть около 3 румбовъ или 33° 45′.

Изъ всего сказаннаго видно, что нельзя много уменьшить силы, производящей дрейфъ, не уменьшая въ то же время прямой силы вѣтра. И потому обратимся къ тѣмъ средствамъ, которыя бы могли противодѣйствовать уклоненію судна отъ своего курса.

§ 88. Изъ законовъ Механики извѣстно, что если на тѣло дѣйствуютъ нѣсколько силъ, сообщающихъ ему движеніе въ разныя стороны, то оно будетъ двигаться по тому направленію, въ коемъ встрѣтитъ наименьшее сопротивленіе. Изъ этого видно, что для уменьшенія дрейфа нужно уменьшать прямое сопротивленіе и увеличивать боковое.

Пусть GJ направленіе судна, составляющее съ килемъ AB уголъ $JGA = \delta$; $GJ = U$ скорость корабля по этому направленію. Разрѣшимъ ее Черт. 23.
на $GK = U. \cos. \delta$, $GH = U \sin. \delta$.

Если h высота, соотвѣтствующая скорости U, то высоты скоростей GK и GH будутъ $h.\cos.^2 \delta$ и $h \sin.^2 \delta$.

Изъ предъидущей главы видѣли, что сопротивленіе $R = \frac{kh(1+2\ sin.^2\ \alpha)}{180-\alpha}\,\mathfrak{X}$.

Пусть *в* представляетъ уголъ паденія воды на бокъ корабля, когда онъ движется перпендикулярно къ діаметральной плоскости; d— діаметральная площадь; будетъ:

прямое сопротивленіе $= \frac{Kh.cos.^2\delta(1+2sin.^2\alpha)}{180-\alpha}\mathfrak{X}$;

боковое сопротивленіе $= \frac{Kh.sin.^2\delta(1+2.sin.^2\text{в})}{180-\text{в}}\,d$.

Предполагая, что судно движется равномѣрно, прямая сила вѣтра будетъ равна прямому сопротивленію воды, а боковая боковому, т. е.:

$$F\ sin.\ \beta = \frac{Kh\ cos.^2\delta(1+2.\ sin.^2\ \alpha)}{180-\alpha}\mathfrak{X};$$

$$F\ cos.\ \beta = \frac{Kh\ sin.^2\ \delta\,(1+2\ sin.^2\ \text{в})}{180-\text{в}}\,d,$$ откуда

$$cotang.\ \beta = \frac{1+2.sin.^2\text{в}}{1+2sin.^2\alpha}\cdot\frac{180-\alpha}{180-\text{в}}\cdot\frac{d}{\mathfrak{X}}.tang.^2\delta,$$ и.

$$tang.\ \delta = \sqrt{\frac{1+2.sin.^2\alpha}{1+2.sin.^2\text{в}}\cdot\frac{180-\text{в}}{180-\alpha}\cdot\frac{\mathfrak{X}}{d}\,cotang.\ \beta}.$$

Разсматривая эту формулу, видимъ, что $tang.\ \delta$, а слѣдовательно и самый уголъ дрейфа δ, будутъ уменьшаться отъ уменьшенія всѣхъ входящихъ количествъ.

Количество $\frac{1+2.sin.^2\alpha}{1+2.sin.^2\text{в}}$ и $\frac{180-\text{в}}{180-\alpha}$, будетъ умень-

шаться, по мѣрѣ уменьшенія числителей и увеличенія знаменателей; какъ то, такъ и другое зависитъ отъ увеличенія угла β и уменьшенія угла α.

Дробь $\frac{\otimes}{d}$ уменьшается отъ уменьшенія $\otimes$ и отъ увеличенія d.

Уголъ β данный — около 3-хъ румбовъ.

Изъ этого видно, что для уменьшенія дрейфа должно:

1) *Уменьшать средній уголъ паденія водъ на носъ и на корму.*

2) *Увеличивать уголъ паденія воды на бокъ, предполагая, что судно движется перпендикулярно къ діаметральной плоскости.* Для этого нужно, чтобы обводы шпангоутовъ были около грузовой ватерлиніи вертикальны.

3) *Увеличивать отношеніе діаметральной плоскости къ площади мидель-шпангоута.*

Если L, B, H представляютъ длину, ширину и глубину судна, и мидель-шпангоутъ имѣетъ видъ параболы, коей указатель m; то будетъ діаметральная площадь $d = LH + E$, площадь мидель $\otimes = \frac{m}{m+1} BH$. Количество E представляетъ площадь киля, штевней и дедвудовъ. Діаметральная площадь d увеличится отъ прибавленія H; но въ то же время будетъ

болѣе и площадь мидель-шпангоута, т. е. прибавленіе глубины судна съ одной стороны увеличиваетъ дрейфъ, а съ другой уменьшаетъ. Притомъ же глубина судна слишкомъ велика быть не можетъ и ограничивается мѣлкостію фарватера въ тѣхъ моряхъ, гдѣ оно имѣетъ назначеніе плавать. Но до этого предѣла полезно увеличивать углубленіе высотою киля: это не увеличитъ прямаго сопротивленія, а для дрейфа весьма полезно. Итакъ одно размѣреніе, глубина, у обѣихъ площадей одинаково, слѣдовательно для увеличенія діаметральной плоскости противъ площади миделя, остается одно средство — дѣлать длину L сколь можно болѣе противъ ширины B, и въ то же время увеличивать высоту киля, дедвудовъ и ширину штевней, сколько то позволяетъ крѣпость судна. Изъ этого видно, что *при той же ширинѣ, глубинѣ и площади мидель-шпангоута дрейфъ будетъ уменьшаться отъ увеличенія длины.*

Суда плоскодонныя, долженствующія плавать въ мѣлководіи, по образованію своему подвергаются большому дрейфу, если необходимость заставляетъ выходить въ открытое море. Ихъ обыкновенно дѣлаютъ со шверцами; — это родъ крыльевъ, которыя при малой глубинѣ воды поднимаются, а при большой—въ открытомъ морѣ опускаются. —

Боковое сопротивленіе воды на опущенныя шверцы доставляетъ судну возможность держаться близко къ вѣтру. На тотъ же предметъ дѣлаютъ выдвижные кили, которые устраиваются такъ, что въ глубокихъ мѣстахъ можно ихъ изъ судна выдвинуть, а въ мѣлкихъ убирать. Впрочемъ несовершенство устроенія ихъ, болѣе или менѣе вредящее крѣпости судна, до сихъ поръ заставляло предпочитать имъ шверцы, какъ средство простое, удобное.

§ 89. Боковая сила вѣтра на паруса, обрасопленные въ бейдевиндъ, проходитъ выше центра тяжести, и потому сообщаетъ судну два движенія: поступательное въ бокъ, и вращательное около оси длины, отъ котораго оно наклоняется на подвѣтренную сторону. И при той же силѣ вѣтра уголъ наклоненія будетъ уменьшаться съ увеличеніемъ остойчивости.

Если ϑ уголъ наклоненія, то $d. \cos. \vartheta$ будетъ проэкція діаметральной площади на плоскости вертикальной; и $в-\vartheta$ изобразитъ боковой уголъ паденія на подвѣтренную, а $в+\vartheta$—такой же уголъ на навѣтренную сторону. Отъ такихъ измѣненій дрейфъ долженъ увеличиваться по мѣрѣ увеличенія угла наклоненія ϑ. Слѣдовательно *отъ уменьшенія наклоненій судна въ бейдевиндъ, или отъ уве-*

личенія остойчивости, дрейфъ уменьшается.

Изъ опытовъ извѣстно, что вогнутость передней части тѣла увеличиваетъ сопротивленіе; и потому, для уменьшенія дрейфа, полезно дѣлать шпангоуты вогнутыми близъ киля и выпуклыми около грузовой ватерлиніи, — условіе, совершенно согласное съ требованіями остойчивости и скораго хода.

О рыскливости.

§ 90. Объяснивъ причины, производящія дрейфъ, и средства для его уменьшенія, разсмотримъ тѣ пороки, которые онъ ведетъ за собою.

Пусть ABEF представляетъ горизонтальное сѣченіе судна; точка A—носъ; B—корма. Положимъ, что судно идетъ по направленію CD, составляющему съ килемъ AB уголъ ACD; EF представляетъ наибольшее сѣченіе, перпендикулярное къ направленію движенія. Будетъ: EAF—носовая часть; EBF—кормовая. Точка C — центръ тяжести.

Возьмемъ какія либо точки *a*, *b*, *c*, *d* въ носовой и кормовой части; проведемъ *ae*, *bf*, *cg*, *dh*. Каждый изъ угловъ A*ae*, A*bf*, B*cg*, B*dh* равенъ углу паденія воды α, когда AB направленіе движенія; но если судно идетъ по направленію CD, углы паденія превращаются въ A*ae*.

Bdh' и Abf', Bcg'.— Первые два увеличатся угломъ дрейфа и будутъ$=\alpha+\delta$; а последніе на тотъ же уголъ уменьшатся, сдѣлавшись каждый $\alpha-\delta$.

Частицы воды, объемлющія носовую подвѣтренную часть AE, представляютъ ей полное сопротивленіе, пропорціональное площади EH и $\sin.$ Aae' $= \sin.(\alpha+\delta)$.

Сопротивленіе на подвѣтренную носовую часть AF пропорціонально FH и $\sin.$ A$bf' = \sin.(\alpha-\delta)$. И какъ EH больше FH и $\sin.$ $(\alpha+\delta)$ больше $\sin.$ $(\alpha-\delta)$, то и сопротивленіе на AE будетъ болѣе сопротивленія на AF.

Кормовая навѣтренная часть BF получаетъ сопротивленіе, пропорціональное FG и $\sin.$ Bdh $=\sin.(\alpha+\delta)$; подвѣтренная же часть кормы BE претерпѣваетъ сопротивленіе, пропорціональное EG и $\sin.$ $g'c$B$=\sin.$ $(\alpha-\delta)$. И здѣсь FG больше EG, $\sin.(\alpha+\delta)$ больше $\sin.(\alpha+\delta)$, а потому сопротивленіе на BF больше сопротивленія на BE.

Производное сопротивленіе на носовую часть разрѣшается на два: на прямое и боковое; первое будетъ противодѣйствовать поступательной скорости впередъ, а послѣднее пройдетъ чрезъ какую либо точку q и будетъ дѣйствовать отъ p къ q; ибо сопротивленіе на AE больше сопротивленія на AF.

Такимъ образомъ боковое сопротивленія на

кормовую часть пройдетъ чрезъ нѣкоторую точку S, и будетъ дѣйствовать отъ *r* къ *s*. Моментъ носоваго сопротивленія *pq*, по мѣрѣ увеличенія скорости хода, увеличивается; а кормовой моментъ силы *rs*, соразмѣрно тому же, уменьшается; слѣдовательно производная сила обоихъ моментовъ будетъ проходить чрезъ точку *C*, которая отъ центра тяжести C будетъ удаляться съ увеличеніемъ скорости хода судна.

Отсюда видно, что производная сила боковаго сопротивленія воды на судно, идущее въ бейдевиндъ, дѣйствуетъ съ подвѣтренной стороны и проходитъ чрезъ нѣкоторую точку, находящуюся впереди центра тяжести судна.

Отъ такого положенія производной силы судно приметъ вращательное движеніе, отъ котораго носъ поворотится къ вѣтру, а корма — подъ вѣтръ.— Это произвольное обращеніе корабля въ сторону отъ своего направленія замедляетъ скорость хода, вредитъ удобности плаванія, а потому и составляетъ порокъ, который извѣстенъ подъ именемъ *рыскливости*.

Рыскливость происходитъ отъ дрейфа, который въ бейдевиндъ всегда существовать будетъ; слѣдовательно нѣтъ возможности уничтожить причину, которая ее производитъ,

но должно покрайней мѣрѣ стараться противопоставить ей другія силы, которыя бы препятствовали судну рыскать.

§ 91. Пусть P, Q представляетъ боковыя сопротивленія воды на носъ и на корму; p, q — отстояніе ихъ отъ центра тяжести; $Pp-Qq$ будетъ моментъ силы, производящей рыскливость.

Боковое сопротивленіе увеличивается пропорціонально діаметральной плоскости, слѣдовательно

$$P : Q = A : B.$$

A представляетъ носовую часть діаметральной плоскости; B — кормовую.

Отъ уменьшенія момента Pp и отъ увеличенія Qq, рыскливость будетъ уменьшаться. A и B пропорціональны P и Q; слѣдовательно самые моменты пропорціональны Ap и Bq.

Чтобъ уменьшать количество Ap и увеличить Bq, нужно:

1). Уменьшать A, носовую часть діаметральной плоскости, и увеличивать кормовую.

2). Уменьшать p, увеличивать q.

Первому условію удовлетворить можно, помѣщая мидель-шпангоутъ и центръ тяжести ближе къ носу, чрезъ что длина кормовой части будетъ болѣе носовой. Но на самомъ дѣлѣ невозможно слишкомъ приблизить центра тяжести къ носу, не повредя другимъ

качествамъ. И потому нельзя много увеличивать длины кормовой части противъ носовой. Обыкновенно помѣщаютъ центръ тяжести отъ средины къ носу на $\frac{1}{80}$ длины судна.

Другое средство для увеличенія кормовой части діаметральной плоскости увеличить глубину кормы противъ носа, т. е. сдѣлать диферентъ на корму. Это гораздо лучше можетъ служить къ уменьшенію рыскливости, нежели первое средство. Бывали примѣры, что рыскливое судно отъ одного переноса тяжестей съ носу на корму получало нѣсколько большій диферентъ, весьма скоро приходило къ вѣтру и избавлялось отъ неминуемой опасности.

Впрочемъ какъ бы не увеличивали длину и глубину кормы, все не достигнемъ, чтобы существовала пропорція $P : Q = A : B$,— одною діаметральною плоскостію нельзя еще прикрыть порока рыскливости.

Нѣтъ вѣрныхъ способовъ опредѣлить мѣсто приложенія силы боковаго сопротивленія воды, потому, что не найдено истинныхъ законовъ дѣйствія жидкостей на тѣла движущія. По думать надобно, чѣмъ болѣе центръ тяжести удаленъ отъ средины, тѣмъ менѣе p и больше q. Вотъ еще причина, для которой центръ тяжести нужно приближать къ носу, т. е. дѣлать носовую часть полнѣе кор-

мовой. Это отчасти подтверждается опытомъ Тевенарда, § 68, который замѣтилъ, что тѣло, движимое острымъ концемъ впередъ, даже по направленію киля, старается уклониться въ стороны; но то же тѣло, двигаясь тупымъ концемъ впередъ, идетъ совершенно по прямой линіи.

Отъ вогнутости обводовъ кормовыхъ шпангоутовъ, ватерлиній и батоксовъ боковое сопротивленіе на заднюю часть судна увеличится и рыскливость будетъ меньше. Напротивъ того, въ носу должно стараться избѣгать вогнутости не только въ ватерлиніяхъ и батоксахъ, но даже и въ шпангоутахъ. — Это, какъ видѣли, также помогаетъ скорости хода.

Итакъ для уменьшенія рыскливости нужно:

1). *Дѣлать диферентъ на корму.*

2). *Помѣщать центръ тяжести ближе къ носу.*

3). *Обводы шпангоутовъ, батоксовъ и ватерлиній въ кормѣ дѣлать съ вогнутостью, а въ носу совершенно выпуклыми.*

Послѣднія два условія ограничиваются другими качествами, какъ увидимъ въ послѣдствіи.

§ 92. Условія предъидущаго § относятся до образованія подводной части судна. — Они могутъ уменьшать рыскливость, — это прав-

да, — но недостаточны для того, чтобы содержать въ равновѣсіи боковыя сопротивленія на носъ и на корму, и доставить возможность судну слѣдовать данному курсу.

Источникъ силы, которая бы могла, во всякое время, содержать такое равновѣсіе, заключается въ парусахъ.

Если производная сила вѣтра въ бейдевиндъ пройдетъ чрезъ вертикальную линію, возставленную изъ центра тяжести, то боковая сила вѣтра сообщитъ судну одно только поступательное движеніе въ бокъ. Но когда та же сила проходитъ впереди или сзади центра тяжести, — судно получитъ вращательное движеніе, отъ котораго носъ или *увалится*, подъ вѣтръ, или *рыскнетъ* къ вѣтру, смотря по тому назади, или впереди центра тяжести, проходитъ производная сила вѣтра.

Каждое судно, въ бейдевиндъ, имѣетъ способность рыскать къ вѣтру, которая увеличивается вмѣстѣ съ дрейфомъ и скоростію судна. И потому нужно такъ располагать парусность, чтобъ она, имѣя возможность вращать судно въ сторону, противную рыскливости, ей противодѣйствовала. Это не иначе можно сдѣлать, какъ помѣщая точку приложенія производной силы вѣтра не позади, а вертикально надъ точкою приложенія производнаго сопротивленія воды на носъ и

на корму. Точка приложенія производной силы вѣтра на паруса называется *центръ парусности.* Слѣдовательно *для уменьшенія рыскливости центръ парусности должно помѣщать впереди центра тяжести, на одной вертикальной линіи съ точкою приложенія производной силы сопротивленія воды.* Если тотъ центръ будетъ впереди этой точки, тогда судно получитъ другой, не менѣе вредный порокъ, называемый *уваливость,* отъ котораго носъ будетъ обращаться въ подвѣтренную сторону. Такъ какъ производная сила сопротивленія воды удаляется отъ центра тяжести (§ 90) по мѣрѣ увеличиванія скорости хода, то чтобы держать судно на одномъ курсѣ, нужно центръ парусности приближать къ носу, вмѣстѣ съ увеличеніемъ скорости судна и силы вѣтра. Это дѣлаютъ увеличеніемъ парусовъ впереди и уменьшеніемъ ихъ позади центра тяжести. Если при извѣстной силѣ вѣтра и скорости судна соблюдено равновѣсіе между боковыми сопротивленіями на носъ и на корму, то съ увеличеніемъ силы вѣтра судно рыскнетъ, а съ уменьшеніемъ той силы — увалится. То же самое происходитъ отъ измѣненія скорости судна и дрейфа;—всегда нужно поправлять равновѣсіе силъ парусами. Какой видъ и величину должны имѣть паруса,—это увидимъ впереди,

а теперь заключимъ разсужденіе о рысклиности замѣчаніемъ о положеніи центра тяжести по длинѣ судна.

§ 93. Выше, въ §91, мы нашли, что, для уменьшенія носоваго подвѣтреннаго давленія, нужно помѣщать центръ величины ближе къ носу. Теперь доказали, что для увеличенія момента парусности, уменьшающаго рысклиность, нужно, чтобы центръ парусности былъ впереди центра тяжести.

Очевидно, что при томъ же положеніи центра парусности, отъ приближенія центра тяжести къ носу, моментъ силы вѣтра, противодѣйствующій рысклиности, будетъ уменьшаться. Для избѣжанія сего казалось бы, что можно, въ то же время и на столько же, приближать центръ парусности къ носу: но это увеличитъ боковую качку и перегибъ. Для нихъ необходимо, чтобы фокъ-мачта, отъ которой, главнѣйше, зависитъ мѣсто носоваго центра парусности, была сколь можно далѣе отъ стема.

Итакъ средство, приближать центръ тяжести къ носу, не имѣетъ большой важности для рысклиности и совершенно можетъ быть замѣнено приличнымъ моментомъ носовой парусности; слѣдовательно судно ничего не потеряетъ, если того дѣлать не будемъ, а еще принесетъ выгоды другимъ качествамъ.

ГЛАВА VII.

О поворотливости.

§ 94. Судно, во время движенія, поворачивается посредствомъ руля и парусовъ. Когда оно идетъ на фордевиндъ, силы боковаго сопротивленія воды взаимно разрушаются, а производная сила прямаго сопротивленія проходитъ по діаметральной плоскости. Но если горизонтальное сопротивленіе съ одной стороны діаметральной плоскости болѣе, нежели съ другой, то производная сила прямаго сопротивленія воды, не проходя чрезъ центръ тяжести судна, произведетъ вращательное движеніе. На этомъ свойствѣ основано дѣйствіе руля. Пусть ABC представляетъ гори- Черт.25. зонтальное сѣченіе какого либо судна; точка A — носъ; B — корма; BE — руль.

Если руль BE находится въ діаметральной плоскости — судно идетъ прямо. Но когда онъ приведенъ въ положеніе BF, то производная сила сопротивленія воды, удаляясь отъ діаметральной плоскости въ ту сторону, куда отведенъ руль, и дѣйствуя, какъ на конецъ свободнаго рычага, нарушитъ равновѣсіе и принудитъ корму вращаться по BG, около нѣкоторой точки, находящейся впереди центра тяжести.

§ 95. При томъ же образованіи и величинѣ судна, скорость поворотовъ, главнѣйше, зависитъ отъ величины, дѣйствующей на руль, силы.

Когда руль отведенъ отъ діаметральной плоскости, во время движенія судна, то на него дѣйствуетъ сила горизонтальнаго сопротивленія воды. Пусть HL, параллельная AB, представляетъ направленіе и величину этой силы. Она можетъ разрѣшиться на двѣ силы, изъ коихъ LN, параллельная площади руля, уничтожится, а перпендикулярная LM будетъ дѣйствовать на руль.

Черт. 26.

Изъ центра тяжести G на направленіе LM опустимъ перпендикуляръ GJ. Произведеніе LM, GJ представитъ моментъ силы, дѣйствующей на руль.

Положивъ уголъ $FBE = \alpha$, $BL = b$, $BG = l$, $HL = P$, будетъ $NH = P.\ sin.\ \alpha$; $GJ = GK + JK = l.\ cos.\ \alpha + b$; моментъ руля LM, $GJ = (l. cos.\ \alpha + b) P. sin. \alpha = P (l.\ cos.\ \alpha.\ sin.\ \alpha + b.\ sin.\ \alpha)$.

Чтобъ увеличить этотъ моментъ, должно:

1). Увеличивать P — силу сопротивленія воды на руль.

2). Увеличивать произведеніе $sin.\ \alpha.\ cos.\ \alpha$.

3). Увеличивать длину кормовой части l, и ширину руля b.

§ 96. Сила горизонтальнаго сопротивленія воды на руль зависитъ отъ положенія руля,

относительно судна, и отъ величины той площади руля, на которую вода дѣйствуетъ.

Чтобъ найти лучшее положеніе руля и ту часть его площади, на которую вода производитъ наибольшее свое дѣйствіе, Роммъ дѣлалъ многіе опыты.

Челнокъ, длиною въ 15 футъ, глубиною до 13 дюймовъ, перешелъ извѣстное разстояніе *a* въ 18,5 секундъ. Потомъ къ старнпосту придѣлали доску, коей высота 20 дюймовъ, ширина по каждую сторону въ 4 дюйма: тогда челнокъ, движимый тою же силою, перешелъ разстояніе *a* въ 24,5 секундъ. Наконецъ двѣ половины той же доски были приставлены по обѣимъ сторонамъ въ плоскости мидель-шпангоута.—При тѣхъ же обстоятельствахъ челнокъ перешелъ разстояніе *a* въ 34,5 секундъ.

Изъ этого видно, что руль, помѣщенный около средины въ плоскости мидель-шпангоута, получаетъ отъ воды самое большее сопротивленіе. Но такое положеніе доставляетъ невыгоду: ибо отъ этого уменьшается скорость хода, и неудобно управлять самымъ рулемъ. И потому помѣщаютъ руль за кормою, гдѣ онъ имѣетъ гораздо меньшее вліяніе на уменьшеніе хода, а притомъ ничему не мѣшаетъ и находится въ безопасности.

§ 97. Желая найти ту часть руля, на ко-

торую вода болѣе дѣйствуетъ, Роммъ двигалъ челнокъ, въ коемъ у старнпоста при килѣ была прибита доска, имѣющая глубины только 6 дюймовъ.—Въ этомъ состоянiи челнокъ отъ той же силы перешелъ разстоянiе *a* въ 24 секунды, т. е. почти въ то же время, въ какое челнокъ перешелъ, съ доскою у старнпоста, въ 20 дюймовъ глубины. Значитъ сопротивленiе въ обоихъ случаяхъ одинаково. Далѣе, ту же доску въ 6 дюй. глубины прикрѣпили у киля въ плоскости мидель-шпангоута, челнокъ перешелъ разстоянiе *a* въ 25 секундъ, а когда доска имѣла 20 дюймовъ глубины, то время выходило 34,5 секунды.

Отсюда заключаемъ, *что на верхнюю часть руля, помѣщеннаго за кормою, вода почти не дѣйствуетъ, и что самое большее сопротивленiе получаетъ та часть руля, которая находится близъ киля.* Это не иначе и быть должно, потому что верхняя часть руля заслоняется самою полною частiю обвода мидель-шпангоута, которая препятствуетъ водѣ ударять руль. Напротивъ того, нижняя часть руля совершенно открыта и острота мидель-шпангоута, при килѣ, допускаетъ водяныя частицы производить на руль полное свое давленiе.

Итакъ *должно увеличивать площадь нижней части руля.* Для этого нужно увеличить

ширину его и углубленіе. Но съ увеличеніемъ ширины руля бываетъ труднѣе управлять имъ, потому, что дѣлается болѣе моментъ, сопротивляющійся вращенію его. А притомъ чѣмъ шире руль, тѣмъ менѣе его крѣпость. По симъ причинамъ гораздо лучше увеличивать площадь руля въ глубину, и *дѣлать диферентъ на корму*, а ширину руля по возможности уменьшать, и въ особенности близъ грузовой ватерлиніи, гдѣ она, не принося никакой пользы, затрудняетъ только управленіе имъ и уменьшаетъ крѣпость.

Для увеличенія той части руля, на которую вода дѣйствуетъ, нужно *дѣлать сколь можно болѣе остроту обвода мидель-шпангоута въ нижней его части.* Отъ этого увеличивается столбъ воды, который безпрепятственно можетъ ударять руль.

§ 98. Произведеніе $sin. \alpha. cos. \alpha$ измѣняется зависимо отъ угла α, паденія воды на руль. Если этотъ уголъ равенъ 90°, $sin. \alpha = 1$, имѣетъ наибольшую величину, а $cos. \alpha = o$; и $sin. \alpha. cos. \alpha = o$. Когда тотъ же уголъ $= o$, будетъ $sin. \alpha = o$; $cos. \alpha$ получитъ наибольшую величину. Итакъ $sin. \alpha$ и $cos. \alpha$ суть двѣ величины, измѣняющіяся одна зависимо отъ другой—произведеніе ихъ $sin. \alpha. cos. \alpha$ будетъ имѣть наибольшую величину, когда $sin. \alpha = cos. \alpha$, т. е. *когда руль отведенъ отъ діаметральной плоскости на* 45°,

тогда дѣйствіе силы его будетъ самое большее.

§ 99. Еще въ выраженіе момента руля входятъ величины b и l. Объ увеличеніи ширины руля b мы уже говорили.

Чтобъ увеличить длину кормовой части l, центръ тяжести помѣщаютъ ближе къ носу, отъ чего обводы носовой части выходятъ полнѣе кормовыхъ. Такое обыкновеніе кажется не можетъ доставить большихъ выгодъ, потому, что съ приближеніемъ центра тяжести къ носу моментъ руля увеличивается, а моментъ парусовъ уменьшается. Въ морѣ, въ важныхъ случаяхъ, дѣйствіе руля бываетъ недостаточно для совершенія поворотовъ, а съ помощію парусовъ они производятся гораздо легче и надежнѣе. Слѣдовательно, чрезъ отнесеніе центра тяжести впередъ, качество поворотливости судна нисколько не дѣлается лучше.

Нѣкоторые полагаютъ, что жидкія частицы, объемлющія подводную часть, возмущенныя носомъ движущагося судна, текутъ по обводамъ его и, соединяясь за кормою, падаютъ на руль. Для этой причины дѣлали кормовыя ватерлиніи чрезвычайно острыми, близъ киля, и весьма полными около грузовой ватерлиніи. Такое мнѣніе, существовавшее почти отъ начала кораблестроенія, совершенно опровер-

гнуто вышеупомянутыми опытами Ромма. Они доказали, что сила воды на руль главнѣйше зависитъ отъ *диферента и обвода нижней части мидель-шпангоута.*

§ 100. Дѣйствіе воды на руль еще зависитъ отъ положенія старнпоста.

Пусть AB *представляетъ старнпостъ, на-* Черт. 27. *клонный къ горизонту;* BC — *нижняя грань киля;* EF — грузовая ватерлинія; BDEA — руль, находящійся въ діаметральной плоскости.

Положимъ, что руль отведенъ отъ прямаго своего положенія на какой либо уголъ. Во время обращенія его около старнпоста, всякая точка, какъ E, опишетъ дугу, которой плоскость будетъ перпендикулярна къ прямой AB. По мѣрѣ уклоненія руля отъ діаметральной плоскости, эта точка будетъ изъ воды подниматься, и чрезъ нѣсколько времени придетъ въ точку K, такъ, что часть площади руля изъ воды поднимется и уменьшится его площадь, отъ которой, какъ видѣли, зависитъ сила, вращающая судно.

Когда старнпостъ вертикаленъ, та же точка E описываетъ дугу круга въ горизонтальной плоскости, и руль, при обращеніи, всегда будетъ сохранять одинаковую площадь. Слѣдовательно *наклонное положеніе старнпоста вредитъ поворотливости судна.*

Сила сопротивленія воды на руль увеличи-

вается пропорціонально квадрату скорости; слѣдовательно судно, имѣющее возможность получать большую скорость хода, будетъ имѣть и лучшую поворотливость.

§ 101. Вращательному движенію судна препятствуетъ боковое сопротивленіе воды, пропорціональное діаметральной плоскости. Чтобъ лучше понять дѣйствіе этого сопротивленія, приведемъ здѣсь опытъ Ромма.

Черт. 28. Челнокъ AB, тянутый за точку B, перпендикулярно къ длинѣ AB, описалъ около точки A дугу BC въ 90°. Въ точкѣ D, близъ конца B, находилась искривленная трубка, въ плоскости, перпендикулярной къ AB, нижнее отверстіе ея было обращено впередъ. — Поплавокъ, заключенный въ трубкѣ, поднялся на 6 линій. Когда ту же трубку помѣстили въ точкѣ E, колѣномъ назадъ, поплавокъ на столько же опустился. Наконецъ, когда трубки, также, помѣщены были около точки A, то во время поворота поплавки не понизились и не опустились.

Изъ этого заключить можно, что дѣйствіе воды въ точкѣ B наибольшее, а въ точкѣ A — наименьшее, — и съ прибавленіемъ длины AB оно въ концѣ вращающемся будетъ увеличиваться. Слѣдовательно чѣмъ болѣе длина судна, тѣмъ больше препятствія встрѣчаетъ оно при поворотѣ, т. е. *при той же*

силъ руля скорость поворотовъ обратно пропорціональна длинѣ судна.

Выше замѣтили, § 99, что для усиленія момента руля увеличиваютъ длину l отъ центра тяжести до старнпоста. Теперь видимъ, что на сколько моментъ руля сдѣлается болѣе отъ прибавленія длины, на столько же, и еще болѣе, увеличивается боковое сопротивленіе, замедляющее повороты: — это подтверждаетъ, что для поворотливости не нужно приближать центръ тяжести къ носу.

§ 102. Доселѣ мы полагали, что судно идетъ на фордевиндъ, — разсмотримъ теперь повороты его въ дрейфѣ, когда діаметральная плоскость болѣе или менѣе уклоняется отъ вертикальнаго положенія, и плоскость руля наклонна.

Пусть АВ представляетъ положеніе руля, Черт. 29. когда судно накренилось на уголъ φ. Положимъ, что руль отведенъ въ подвѣтренную сторону, на которую судно кренится. Тогда CD — перпендикулярная сила сопротивленія воды на руль — раздѣляется на вертикальную силу DE и на горизонтальную DF. Первая сообщитъ судну вращательное движеніе около оси ширины, отъ коего носъ погрузится, а корма возвысится; вторая сила DF будетъ производить поворотъ судна около вертикальной оси.

Если *ab* вертикальная линія, то уголъ AD*a* =DCE будетъ равенъ φ. Горизонтальная сила DF=CD. *cos.* φ, а вертикальная DE = CD. *sin.* φ.

Разсматривая эти силы, видимъ, что при той же величинѣ CD горизонтальная сила DF, отъ увеличенія угла наклоненія φ, будетъ уменьшаться, а вертикальная сила DE, отъ увеличенія того же угла, возрастаетъ.

Когда руль отведенъ въ навѣтренную сторону, перпендикулярная сила прямаго сопротивленія на оный изобразится чрезъ GH и также разрѣшится на горизонтальную силу GK, которая будетъ поворачивать судно, и на вертикальную силу GL, погружающую корму и возвышающую носъ. Первая отъ увеличенія угла φ будетъ уменьшаться, а вторая увеличиваться.

Отсюда видно, что при наклонномъ положеніи судна:

1). *Сила руля, вращающая судно около вертикальной оси, уменьшается отъ увеличенія угла наклоненія.* А какъ этотъ уголъ обратно пропорціоналенъ моменту остойчивости, то *сила руля, въ косвенныхъ путяхъ, будетъ пропорціональна моменту остойчивости.*

2). Когда руль отведенъ въ ту сторону, на которую судно кренится, то, чрезъ уменьшеніе глубины кормы, будетъ менѣе подвод-

ная площадь руля, и дѣйствіе воды на подводную его часть.

3). Когда руль отведенъ въ навѣтренную сторону, то отъ углубленія кормы диферентъ и площадь руля дѣлаются болѣе.

Наконецъ 4). Уголъ паденія воды на руль, положенный подъ вѣтромъ, увеличивается угломъ дрейфа; а когда тотъ отведенъ въ навѣтренную сторону, уголъ паденія, на такое же количество, уменьшается.

§ 103. Для поворота судна къ вѣтру, руль должно отвести въ навѣтренную сторону. Въ этомъ случаѣ сила руля уменьшается отъ угла наклоненія и отъ дрейфа, а диферентъ хотя будетъ болѣе и увеличитъ площадь руля, но сила вращающая не увеличится, ибо въ то же время возрастаетъ боковое навѣтренное сопротивленіе на корму, препятствующее повороту къ вѣтру. Когда судно поворачивается по вѣтру, руль отводятъ въ подвѣтренную сторону, чрезъ что сила прямаго сопротивленія противъ перваго случая увеличится на дважды взятый уголъ дрейфа. Слѣдовательно производная сила руля въ этомъ случаѣ будетъ болѣе, нежели въ первомъ. Итакъ дѣйствіе силы руля на судно въ дрейфѣ, при поворотѣ по вѣтру, будетъ болѣе, нежели противъ вѣтра.

Но какъ всѣ суда, въ бейдевиндъ, имѣютъ способность вращаться къ вѣтру и безъ помощи руля, то дѣйствія сего послѣдняго особенно бываютъ нужны въ томъ случаѣ, когда хотимъ уклонить судно подъ вѣтръ, тѣмъ болѣе, что этотъ поворотъ иногда бываетъ чрезвычайно труденъ, и тогда-то диферентъ особенно увеличиваетъ дѣйствіе руля. Слѣдовательно *диферентъ необходимъ, потому, что способствуетъ повороту судна подъ вѣтръ, и уменьшаетъ рыскливость или способность поворачиваться къ вѣтру.*

Опыты совершенно оправдываютъ эти заключенія:

Если судно оказалось рыскливымъ, стòитъ только перенести какія либо тяжести съ носу на корму, дабы увеличился диферентъ— рыскливость будетъ меньше.

Также, когда судно, имѣя большую скорость и значительный кренъ, не можетъ поворотиться подъ вѣтръ, то для избѣжанія опасности иногда бываютъ въ необходимости срубать заднія мачты, чтобъ уменьшить моментъ силы, производящей рыскливость, и увеличить силу, склоняющую подъ вѣтръ. Но не жертвуя столь много, нѣкоторые искусные мореходцы избавлялись опасности тѣмъ только, что заставляли всѣхъ людей перебѣжать на навѣтренную сторону;—

кренъ уменьшался, и руль получалъ большую силу. Другіе для того же переносили тяжести съ носу на корму, и малѣйшая перемѣна въ диферентѣ, какъ наприм. 3 дюйм., способствовала къ избѣжанію отъ неминуемой опасности.

Изъ этого видно, какъ много имѣютъ вліянія остойчивость и диферентъ на скорость и легкость поворотовъ судна.

§ 104. Легкость поворотовъ увеличивается вмѣстѣ со скоростію, а изъ Механики извѣстно, что скорость вращательнаго движенія

$$du = \frac{2Pq.\ g.\ dt}{\int X^2 dm},$$

и представляетъ скорость точки, отстоящей отъ оси вращенія въ разстояніи единицы; Pq—моменты силъ, производящихъ поворотъ; t — время; dm — частица состава корабля; X—отстояніе ея отъ оси вращенія; g—пространство, проходимое тѣлами, свободно падающими въ первую секунду.

Числитель этого выраженія показываетъ, что скорость поворотовъ будетъ возрастать отъ увеличенія момента силъ, производящихъ поворотъ.—Какъ увеличить этотъ моментъ—мы уже показали. Знаменатель изображаетъ моментъ инерціи корабля въ разсужденіи оси вращенія, т. е. произведеніе всѣхъ частей корабля на квадраты разстоянія ихъ до центра тяже-

сти. Чтобъ уменьшить его и облегчить повороты судна, *нужно тяжелѣйшія вещи располагать около центра тяжести, а оконечности судна сколь можно облегчать расположеніемъ груза и самою постройкою, дѣлая размѣренія членовъ въ носу и въ кормѣ менѣе, нежели при срединѣ.*

ГЛАВА VIII.

О килевой и боковой качкахъ.

§ 105. Доселѣ мы говорили о поверхности судна, предполагая, что вода совершенно покойна. Но это бываетъ только при малыхъ скоростяхъ, а по большой части судно бываетъ въ движеніи на морѣ болѣе или менѣе взволнованномъ.

Волны, дѣйствуя на судно въ движеніи, замедляютъ скорость хода, уменьшаютъ остойчивость, вредятъ поворотливости и наконецъ стремятся разрушить связь составныхъ его членовъ. Всегда судно должно быть способно къ тому, чтобы противодѣйствовать враждующимъ силамъ волнъ, и уменьшая ихъ дѣйствіе, сохранять удобность и безопасность плаванія.

Законы дѣйствія волнъ на тѣла плавающія еще менѣе изслѣдованы, нежели законы

сопротивленія воды спокойной. Впрочемъ, принимая въ разсужденіе различныя положенія судна на волнахъ до безконечности, разнообразное ихъ дѣйствіе, зависящее отъ большей или меньшей силы вѣтра, мѣстности самаго моря, едва ли можно отыскать такіе законы, которые бы могли быть согласны съ практикою.

И потому, чтобъ сдѣлать вопросъ простѣйшимъ и вывести изъ этого хотя какія либо правила для доставленія судну удобности плаванія на волнахъ, предположимъ, что дѣйствіе ихъ имѣетъ нѣкоторую правильность. Что движеніе судна, сообщенное волною, оканчивается прежде дѣйствія другой волны. Такое предположеніе не удаляется много отъ закона, по которому дѣйствуютъ волны въ моряхъ обширныхъ, глубокихъ и неимѣющихъ большихъ отмѣлей и островов.

§ 106. Волны происходятъ отъ дѣйствія вѣтра, направленнаго наклонно къ поверхности моря. Пусть AB представляетъ направленіе и силу вѣтра; RH— поверхность воды, въ покойномъ состояніи. Сила AB разрѣшается на двѣ силы AC, AD; первая, дѣйствуя вертикально, сдѣлаетъ углубленіе или впадину GEH, изъ которой вода, поднявшись, образуетъ возвышеніе GFK, называемое *волною*. Горизонтальная сила AD давитъ навѣтренную

часть волны GF, отъ чего она бываетъ всегда отложе, нежели подвѣтренная FK.

Горизонтальная сила вѣтра производитъ давленіе только на навѣтренную часть FG, а частицы воды, составляющія подвѣтренную часть FK, противодѣйствуютъ той силѣ, такъ, *что горизонтальное движеніе всей* волны почти нечувствительно. Остается одно только дѣйствіе вертикальной силы вѣтра, отъ котораго частицы воды получаютъ вертикальную скорость къ верху; достигши нѣкоторой высоты, они теряютъ ее, и упадаютъ почти по вертикальному направленію. Слѣдовательно волны имѣютъ одно только попеременное движеніе вверхъ и внизъ на одномъ мѣстѣ.

Дѣйствіе каждой волны на плавающее тѣло *направляется перпендикулярно* къ *поверхности* самаго тѣла. — Въ этомъ удостовѣряетъ насъ общій законъ давленія воды на тѣла плавающія.

На взволнованномъ морѣ судно подвергается попеременному вращательному движенію около одной изъ горизонтальныхъ осей. Положеніе ихъ чрезвычайно разнообразно: оно зависитъ отъ дѣйствія самыхъ волнъ. Разсмотримъ вращенія судна около осей длины и ширины.

О килевой качкѣ.

§ 107. *Волна, подступившая съ носу,* сооб-

щаетъ судну вращательное движеніе около оси ширины; этому препятствуетъ остойчивость, возстановляя судно въ прямое положеніе; волны, ударяющія корму, производятъ вращеніе въ противную сторону. Отъ попеременнаго действія волнъ на носъ и на корму, судно получаетъ колебаніе, или качаніе, называемое *килевая качка.*

Пусть АВ представляетъ положеніе грузовой ватерлиніи въ горизонтальномъ положеніи судна:

На носъ и на корму действуютъ какія либо силы, сообщающія судну килевую качку; *ab* — представляетъ положеніе грузовой ватерлиніи, когда судно действіемъ силы, возвышающей носъ, наклонилось до угла А*Ca*.

Скажемъ, во-первыхъ, о мѣстѣ центра тяжести. По вышинѣ онъ можетъ быть выше, ниже, или на самой грузовой ватерлиніи. Пусть выше, въ точкѣ Р.

Когда судно наклонилось до *ab*, точка Р опишетъ около С дугу круга, и придетъ въ точку Р′. Если же грузовая будетъ *de*, тотъ же центръ перейдетъ въ Р″.

Итакъ, представя себѣ, что судно качается и попеременно приходитъ въ положеніе *ab* и *de*, увидимъ, что центръ тяжести его будетъ описывать дугу Р′Р″, и получитъ, кромѣ вращательнаго, два движенія, верти-

кальное и горизонтальное. Такія движенія для судна вообще вредны, потому, что производятъ сильныя сотрясенія, разслабляющія составъ его; горизонтальное же движеніе, какъ видно, будетъ значительно замедлять скорость хода. Такія же невыгоды раждаются, когда центръ тяжести будетъ ниже грузовой ватерлиніи. Изъ этого выходитъ первое правило для уменьшенія вреда, производимаго килевою качкою: *Центръ тяжести полтьщать въ плоскости грузовой ватерлиніи.*

§ 108. Положимъ, что отъ дѣйствія какой либо силы носъ поднялся изъ воды на разстояніе A*a*; отъ этого корма должна погрузиться. Если оконечности разнообразны, то вмѣстительность тѣла B*bc* равна вмѣстительности A*a*C, A*a*=B*b*, и наклонная грузовая ватерлинія *ab* пройдетъ чрезъ центръ тяжести C.

Но когда оконечности неравны, и, какъ обыкновенно бываетъ, около грузовой ватерлиніи корма полнѣе носа, тогда углубленіе кормы B*c* будетъ меньше той части A*a* носа, которая поднялась изъ воды; наклонная грузовая приметъ положеніе *ac*, т. е. судно обратится около оси, проходящей чрезъ точку D.

Также, если корма поднимется изъ воды на разстояніе B*d*, то отвѣтственное погруженіе носа A*f* будетъ болѣе B*d*, грузовая *df* пройдетъ чрезъ точку F, а судно обернет-

ся около оси, проходящей чрезъ эту точку.

Точки D, F называются центры вращенія. Очевидно, чѣмъ полнѣе корма и острѣе носъ, тѣмъ эти центры будутъ ближе къ кормѣ.

Во время качаній, когда судно попеременно наклоняется *до ab и dc*, центръ тяжести имѣетъ поступательное движеніе вверхъ и внизъ по дугѣ GH. Значитъ судно то поднимается до точки G, то падаетъ съ высоты GH. Во время такихъ паденій оно получало удары, пропорціональные его вѣсу и разстоянію GH.

При томъ же вѣсѣ судна разстояніе GH будетъ увеличиваться по мѣрѣ того, какъ центръ вращенія приближается къ кормѣ, а центръ тяжести къ носу, или по мѣрѣ увеличенія разстоянія между центромъ вращенія и центромъ тяжести.

Если дѣйствующія силы будутъ волны, ударяющія оконечности по тому закону, какой мы предположили въ началѣ, то слѣдствія будутъ тѣ же самыя, т. е. во время килевой качки, для уничтоженія поступательнаго движенія судна вверхъ и внизъ, какъ вреднаго во всѣхъ отношеніяхъ, нужно, чтобъ *центръ вращенія совмѣщался съ центромъ тяжести.* Чѣмъ полнѣе корма близъ грузовой ватерлиніи противъ носа, тѣмъ болѣе разстояніе между этими

центрами; и совмѣщеніе ихъ тогда только можетъ быть, *когда оконечности судна совершенно однообразны около грузовой ватерлиніи,* а при разнообразіи ихъ — чѣмъ ближе центръ тяжести къ носу, тѣмъ болѣе его вертикальное движеніе вверхъ и внизъ, и тѣмъ безпокойнѣе и вреднѣе качка. Слѣдовательно, для покойной килевой качки, при равнообразіи оконечностей нужно *центръ тяжести помѣщать по срединѣ длины грузовой ватерлиніи.*

Вредъ, происходящій отъ разнообразія оконечностей, подтверждается самымъ опытомъ. Замѣчено, что когда носъ вырнувъ, начнетъ подниматься, тогда излишняя полнота обводовъ кормы, около грузовой и выше ея, воспрепятствуетъ этой оконечности на столько погрузиться, на сколько возвысился носъ, и центръ тяжести получитъ столь быстрое движеніе къ верху, что нерѣдко отъ того ломаются мачты. И если случались когда либо подобныя несчастія, то почти всегда въ этотъ моментъ.

Чѣмъ болѣе носъ зарывается въ воду, тѣмъ хуже качка, а это произойдетъ не отъ излишней его остроты, а отъ того, что корма выше грузовой ватерлиніи бываетъ гораздо полнѣе носа.

Отсюда выходитъ правило: *Чтобъ шпан-*

гоуты въ кормѣ, выше грузовой ватерлиніи, не имѣли большаго расширенія, и обводъ палубной линіи гондека былъ равнообразенъ въ носу и въ кормѣ.

§ 109. Волна, подступившая къ оконечности судна, стремиться поднять ее; чѣмъ скорѣе сдѣлается этотъ подъемъ, тѣмъ безвреднѣе для судна будетъ дѣйствіе волны.

Пусть AB представляетъ обводъ носа, CD — сила волны, дѣйствующая перпендикулярно къ этому обводу. Она разрѣшается на вертикальную силу DE, и на горизонтальную DF; первая поднимаетъ судно на волну, и потому нужно ее увеличивать; а послѣдняя DF уменьшаетъ скорость хода, — должно ее уменьшать.

Если уголъ $BDF = a$, $CD = P$, то $DF = P \sin. a$; $DE = P. \cos. a$. Отъ уменьшенія угла a, сила DF будетъ уменьшаться, а DF — увеличиваться, т. е. сила, подымающая судно на волну, будетъ увеличиваться по мѣрѣ уменьшенія угловъ, составляемыхъ обводами носа и кормы съ горизонтомъ; а сила, препятствующая ходу, съ уменьшеніемъ тѣхъ же угловъ, будетъ уменьшаться. *Слѣдовательно обводы батоксовъ, около грузовой ватерлиніи, въ носовой части должны быть наклонны къ носу, а въ кормовой — къ кормѣ.* И чѣмъ наклонс-

ніе ихъ больше, тѣмъ легче будетъ судно восходить на валы.

§ 110. Возвышенію судна на волну противодѣйствуетъ сила тяжести; чѣмъ она болѣе, тѣмъ волна труднѣе поднимаетъ оконечности.

Уменьшить силу, противодѣйствующую восхожденію судна на волны, можно: 1) *Образованіемъ оконечностей*, дѣлая обводы ватерлиній въ носу и въ кормѣ по возможности полнѣе, ибо острота ихъ, уменьшая водоизмѣщеніе оконечностей, доставляетъ имъ возможность болѣе погружаться въ волны. 2) *Постройкою*, дѣлая размѣренія членовъ, составляющихъ носъ и корму, меньшихъ размѣреній, нежели при срединѣ. 3) *Нагрузкою*, размѣщая тяжелѣйшій грузъ около средины, а въ носу и въ кормѣ только вещи необходимыя.

§ 111. Разсмотримъ обстоятельства движеній судна на морѣ взволнованномъ.

Когда судно идетъ на фордевиндъ, оно можетъ уходить отъ дѣйствія валовъ и, по мѣрѣ ихъ быстроты, увеличивать свою скорость, — качка не будетъ опасною.

Но если волна подступаетъ съ носу, или нѣсколько съ боку, то съ увеличеніемъ скорости, качка дѣлается безпокойнѣе. Корабль, идущій съ извѣстною скоростію, силится отразить отъ себя волны, отъ чего гори-

зонтальная скорость ихъ теряется, а остается вертикальная, образующая впереди судна возвышеніе, которое тѣмъ больше представитъ сопротивленія скорости хода, и тѣмъ скорѣе взольется на палубу, чѣмъ корабль имѣетъ менѣе способности подняться на волну.

Это препятствіе весьма велико въ корабляхъ и особенно чувствительно въ малыхъ судахъ: ибо если возвышеніе волны у обоихъ одинаково, то сопротивленіе гораздо въ большемъ отношеніи увеличится на малое судно, нежели на большое. И потому, если корабль и малое судно въ спокойной водѣ имѣютъ ровный ходъ, то на взволнованномъ морѣ послѣднее будетъ отставать собственно отъ недостатка способности восходить на волны.

Еще причина, по которой должно, чтобъ малыя суда гораздо легче восходили на валы: при одинаковой высотѣ волны, малое судно, имѣя меньшую длину, должно возвыситься на большій уголъ противъ корабля, чтобъ подняться на ту же волну.

§ 112. Выше видѣли, что для увеличенія скорости хода и рыскливости полезно дѣлать кормовую часть въ низу острѣе носовой. Здѣсь требуется совершенное равнообразіе оконечностей. На счетъ этого замѣтимъ, что опыты, изъ которыхъ первое правило

выведено, относятся къ тому случаю, когда вода спокойна. Но какъ судно по большей части должно бороться съ волнами, то скорѣе можно принять послѣднее средство, и по всей вѣроятности оно доставитъ болѣе удобности для плаванія, нежели первое. Притомъ же прямое сопротивленіе и рыскливость могутъ быть уменьшены другими средствами, болѣе дѣйствительными, нежели нарушеніе равнообразія оконечностей, и которыя не повредятъ килевой качкѣ.

По всѣмъ причинамъ казалось бы, что соблюденіе равнообразія носа и кормы можетъ доставить значительную выгоду для удобности и безопасности плаванія. И, не говоря уже о рыскливости, качество скораго хода такихъ судовъ нисколько не уменьшится въ спокойной водѣ, а много выиграетъ на морѣ взволнованномъ. Впрочемъ это вопросъ такого рода, что никакое умозрѣніе не можетъ, если нельзя удостовѣриться въ томъ на самомъ опытѣ.

Но что касается до малыхъ судовъ, то опытъ уже показалъ пользу равнообразія ихъ оконечностей.

Брестскія рыбачьи лодки, у которыхъ носъ и корма равнообразны, весьма хорошо выдерживаютъ качку. Норвежскія лодки также однообразны въ носу и въ кормѣ, и столь на-

дежны на морѣ взволнованномъ, что жители тѣхъ странъ пускаются на нихъ въ открытое море при рифъ-марсельномъ вѣтрѣ.

О боковой качкѣ.

§ 113. Удары волнъ съ одного боку, не проходя чрезъ центръ тяжести, наклоняютъ судно на другой бокъ; этому наклоненію препятствуетъ остойчивость и возстановляетъ судно въ прямое положеніе. Волна, подступившая къ другому боку, сообщаетъ ему обратное вращеніе. Такимъ образомъ отъ безпрестаннаго дѣйствія волнъ на обѣ стороны происходитъ колебаніе судна съ боку на бокъ, называемое *боковая качка.*

Наклоненія судна могутъ происходить отъ дѣйствія силъ періодически, или попеременно. Волна, подѣйствовавшая единожды, не можетъ доставить вращательнаго движенія столь огромной массѣ, какъ корабль. Вращательное возвратное движеніе корабля можетъ произойти отъ нѣсколькихъ ударовъ, дѣйствующихъ поперемѣнно. Боковая качка зависитъ, какъ отъ силы каждаго удара, такъ и отъ промежутка времени между двумя послѣдовательными ударами.

Самые удары могутъ быть или совершенно неправильны, или имѣть періодическую правильность, т. е. дѣйствовать съ равными

волны на бокъ AB одна другой пропиводѣйствуютъ, слѣдовательно полное дѣйствіе волны будетъ гораздо менѣе, нежели въ первомъ случаѣ.

Въ тѣлѣ No 3 сила волны CD, дѣйствуя перпендикулярно къ боку AB, разрѣшиться не можетъ, и проходя выше центра тяжести, сообщаетъ судну вращательное движеніе.

Итакъ дѣйствіе ударовъ волнъ будетъ самое большее на тѣло No 1; наименьшее— на тѣло No 2, и умѣренное— на тѣло No 3. Поэтому, *для доставленія судну умѣренной боковой качки, нужно, чтобъ обводы шпангоутовъ выше и ниже грузовой ватерлиніи возвышались вертикально, покрайней мѣрѣ до 10° угла наклоненія.*

§ 116. Каково бы не было образованіе корабельныхъ боковъ, но если сопротивляющійся дѣйствію волнъ моментъ инерцій судна въ разсужденіи оси ширины малъ, то качка будетъ слишкомъ стремительна и безпокойна. И потому должно его увеличивать, размѣщая тяжелѣйшія вещи сколь можно далѣе отъ діаметральной плоскости. Этому много пособляетъ прямостѣнность судна около грузовой ватерлиніи.

§ 117. Медленность и скорость боковой качки зависитъ также отъ положенія центра тяжести. Если онъ находится выше гру-

зовой ватерлиніи, наприм. въ точкѣ G, то производная сила тяжести, проходящая по GK, будетъ способствовать кренящей силѣ волны увеличивать наклоненія, — качанія будутъ медленны и судно получитъ попеременныя движенія вверхъ и въ бокъ, которыя, кромѣ медленности, сдѣлаютъ качку безпокойною и опасною.

Когда тотъ же центръ, въ точкѣ H, ниже грузовой ватерлиніи, то сила тяжести будетъ вращать судно въ сторону, противную дѣйствію волнъ, и воспрепятствуетъ наклоненіямъ его; качка будетъ порывистая, быстрая.

Слѣдовательно *лучшее положеніе центра тяжести, отъ коего не увеличивается и не уменьшается боковая качка, будетъ тогда, когда онъ находится въ плоскости грузовой ватерлиніи, т. е. когда надводный моментъ равенъ подводному.*

§ 118. Когда судно лежитъ въ бейдевиндъ, сила вѣтра его всегда наклоняетъ, и волны не могутъ производить тѣхъ же дѣйствій, какъ на судно безъ парусовъ. Волна, подступившая съ подвѣтреннаго бока, силится поднять его и поставить прямо: этому препятствуетъ боковая сила вѣтра на паруса, и потому большаго наклоненія не будетъ. Напротивъ того, дѣйствіе навѣтрен-

ныхъ волнъ способствуетъ боковой силѣ вѣтра кренить судно, и наклоненія на подвѣтренную сторону могутъ быть слишкомъ велики;—для противодѣйствія, имъ остается одна только сила остойчивости. Изъ этого видно, что въ бейдевиндъ не можетъ быть сильная боковая качка.

Но если корабль идетъ на фордевиндъ, паруса не могутъ противодѣйствовать ударамъ волнъ, и тогда боковая качка имѣетъ всю свою стремительность и жестокость. Нѣкоторые корабли въ это время, наклоняясь съ одного борта на другой, погружаютъ иногда бокъ свой до высоты второй батареи, и это движеніе бываетъ столь жестоко, что мачты находятся во всегдашней опасности. Вообще замѣчено, что большой уклонъ топтимберсовъ и возвышеніе центра тяжести надъ грузовою ватерлиніею бываютъ главнѣйшею причиною такихъ опасныхъ движеній, не смотря даже на остойчивость.

§ 119. Мы замѣтили выше, что быстрая и стремительная боковая качка происходитъ отъ излишней остойчивости.

Припоминая все изложенное, также видимъ, что великая остойчивость составляетъ источникъ скорости хода малаго дрейфа поворотливости, и даже самой боковой качки при движеніи судна въ бейдевиндъ. Одно, гдѣ

должно уменьшать ее? — при движенiи судна на фордевиндъ и стоя на якорѣ: ибо въ галфвиндъ и даже въ бакштагъ отъ боковой силы вѣтра боковая качка не бываетъ сильная.

Принявъ въ разсужденiе выгоды, которыя остойчивость доставляетъ для всѣхъ упомянутыхъ качествъ и для весьма многихъ положенiй судна въ морѣ, кажется не должно жертвовать ею для удобности одного только хода на фордевиндъ. Притомъ же въ морѣ всегда есть средство увеличить надводный моментъ, подымая какiя либо тяжелыя вещи, наприм. на марсъ, чрезъ то боковая качка на якорной стоянкѣ и на фордевиндъ будетъ спокойнѣе.

Еще замѣчанiе: мы разсматриваемъ судно на волнахъ, предполагая, что они дѣйствуютъ правильно. А если будетъ такой случай, что въ то время, какъ волна наклонила судно, подъ наклоненнымъ бокомъ образовалась не волна, а ложбина ниже горизонта воды. Въ этотъ моментъ, въ какомъ бы состоянiи судно не находилось, на якорѣ, или на фордевиндъ, весьма твердая остойчивость будетъ драгоцѣнна: одна она только можетъ сохранить его въ такомъ случаѣ. Конечно подобные случаи рѣдки, но предполагать ихъ надобно.

По всѣмъ причинамъ не должно уменьшать остойчивости для боковой качки.

§ 120. Согласное образованіе наружной поверхности имѣетъ большое вліяніе на боковую качку.

Образовывая шпангоуты, должно избѣгать большихъ скулъ, крутыхъ перегибовъ и т. п., ибо все это затрудняетъ боковую качку. Подобный вредъ причиняютъ углы, остающіеся отъ нижняго бархоута, и другія несогласія въ поверхности наружной обшивки.

ГЛАВА IX.

О крѣпости.

§ 121. *Крѣпостію* судна называютъ то сопротивленіе, которое оно можетъ противупоставлять разрушающимъ силамъ.

Крѣпостъ зависитъ отъ многихъ причинъ: 1). Отъ крѣпости основныхъ членовъ, составляющихъ стѣны. 2). Отъ способа крѣпленія. 3). Отъ надлежащей соразмѣрности между главными размѣреніями; и 4). отъ образованія наружной поверхности.

Изслѣдованіе крѣпости, въ разсужденіи

двухъ первыхъ условій, не относится къ нашему предмету, а потому разсмотримъ только зависимость ея отъ главныхъ размѣреній и образованія.

Силы, дѣйствующія на судно въ морѣ и стремящіяся разрушить его составъ:

1). Дѣйствіе тяжести, отъ коего каждый членъ, по общему закону, стремится падать и разрушать связь съ другими членами. 2). Вертикальное давленіе воды. 3). Горизонтальное давленіе воды. 4). Дѣйствіе вѣтра на паруса и противодѣйствующее ему сопротивленіе воды. 5). Всякаго рода вращательныя и поступательныя движенія въ морѣ; и 6). дѣйствіе силъ, происходящихъ отъ килевой и боковой качекъ.

Не смотря на то, что каждая изъ разрушающихъ силъ имѣетъ свое особенное дѣйствіе, но въ совокупности всѣ они стремятся болѣе или менѣе къ тому, чтобы произвести разстройство составныхъ членовъ и происходящее отъ того разслабленіе судна, извѣстное подъ именемъ *перелома* или *перегиба*.

Не входя въ подробности дѣйствія каждой силы въ особенности, разсмотримъ главную причину, производящую перегибъ и вліяніе его на мореходныя качества.

О перегибѣ.

§ 122. Первоначальная причина, производящая перегибъ, происходитъ отъ вѣса судна и противудѣйствующаго ему вертикальнаго давленія воды. Прочія силы, разслабляя составныя части, доставляютъ возможность тѣмъ силамъ увеличивать перегибъ.

Извѣстно, что въ случаѣ равновѣсія судна съ водою, вѣсъ его долженъ быть равенъ вѣсу выдавленной имъ воды, или водоизмѣщенію.

Если каждый изъ членовъ, составляющихъ все зданіе, будетъ въ состояніи выдавить количество воды, равное своему вѣсу, то тяжесть и давленіе воды не произведутъ никакого измѣненія въ составныхъ членахъ. Но какъ въ плавающемъ судиѣ одна только наружная поверхность подвержена дѣйствію воды, то каждый членъ, стараясь выдавливать потребное количество воды, стремится самъ собою разрушить связь съ другими членами. Такое измѣненіе въ частяхъ цѣлаго зданія будетъ зависѣть отъ отношенія между вѣсомъ самыхъ частей и ихъ водоизмѣщеніями.

Предположимъ, что судно разсѣчено поперечными плоскостями на нѣсколько отсѣковъ, тяжестію равныхъ между собою. Возь-

мемъ два такіе отсѣка A, B; одинъ около черт. 55
средины, а другой въ носу. Пусть вѣсъ каждаго отсѣка равенъ P; вертикальное давленіе воды на отсѣкъ A равно M, а на отсѣкъ B=N.

Въ случаѣ равновѣсія отсѣковъ съ водою, будетъ 2P=M+N.

Положеніе отсѣковъ не измѣнится, когда M=P, N=P. Но вертикальное давленіе воды пропорціонально острогѣ подводной части отсѣковъ, и какъ средній изъ нихъ A полнѣе крайняго B, то и M больше N.

При такомъ отношеніи между M и N уравненіе 2P=M+N, будетъ только тогда существовать, когда M больше P, и N меньше P; ибо, положивъ M=P, и M меньше P, имѣемъ: 2P больше M+N, т. е. равновѣсія между отсѣками и водою существовать не будетъ.

Итакъ полагая, что M больше P, и N меньше P, видимъ, что отсѣкъ A долженъ подняться на нѣкоторое разстояніе *ab*; а отсѣкъ B опустится на разстояніе *cd*.

Средняя часть судна бываетъ полнѣе оконечностей; давленіе на средній отсѣкъ самое большее, а на крайній наименьшее. Первый, какъ доказано, поднимется, а послѣдній опустится, зависимо отъ разности между вѣсомъ отсѣка и водоизмѣщеніемъ.

Вѣсъ прочихъ отсѣковъ одинаковъ, а давленія отъ средины къ носу постепенно уменьшаются, а потому и возвышеніе отсѣковъ, идя отъ средины къ оконечностямъ, будетъ уменьшаться.

Такъ какъ самые крайніе отсѣки опускаются, то необходимо должно быть по одному отсѣку въ носу и въ кормѣ, которыхъ вѣсъ равенъ водоизмѣщенію, отъ чего они не опускаются и не поднимаются.

Отсюда видно, что во всякомъ суднѣ, отъ силы тяжести и вертикальнаго давленія воды, средина должна подниматься, а оконечности опускаться. Такое состояніе судна называется *перегибъ* или *переломъ*.

Сила, производящая переломъ, какъ видно, зависитъ отъ того, что судно въ срединѣ бываетъ гораздо полнѣе, нежели въ носу и въ кормѣ. И какъ всѣ качества требуютъ такого образованія, то явствуетъ, что сила, изгибающая судно, будетъ дѣйствовать безпрестанно во все время его службы. И потому гдѣ бы корабль не строился, въ докѣ, или на стапелѣ, перегибъ необходимо долженъ существовать (*).

(*) Корабль можетъ получить еще другой перегибъ, зависящій собственно отъ спуска, когда глубина воды при концѣ спусковаго фундамента недостаточна. Корабельный Инженеръ - Полковникъ Поповъ, въ

§ 123. Слѣдствіемъ перегиба бываетъ разстройство въ составныхъ частяхъ судна, которое оказывается сжатіемъ киля и другихъ нижнихъ членовъ и растяженіемъ верхнихъ.

И какъ растяженіе частей дѣлается болѣе по мѣрѣ ихъ возвышенія, а внизу онѣ укорачиваются, или сжимаются, то должна существовать такая высота отъ киля, при которой судно въ длинѣ своей не увеличивается и не уменьшается.

Не иначе, какъ трудными вычисленіями и многочисленными опытами опредѣлить можно на каждомъ вертикальномъ отсѣкѣ точку, въ которой части судна не растягиваются и не сжимаются. Но, не принимая подобнаго труда, легко можно имѣть предѣлъ, довольно близкій къ истинѣ.

Вообще можно положить, что плоскость грузовой ватерлиніи находится близко къ тому мѣсту, гдѣ длина корабля отъ перелома не измѣняется. Это замѣчаніе особенно необходимо при расположеніи крѣпленій судна.

изслѣдованіи своемъ *о спускѣ кораблей на воду*, изданномъ отъ Ученаго Комитета Главнаго Морскаго Штаба ЕГО ИМПЕРАТОРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА, рѣшилъ всякое сомнѣніе на счетъ этого обстоятельства, и теперь можно предположить, что спусковаго перегиба корабль имѣть не долженъ.

Получивъ понятіе о перегибѣ, намъ представляются слѣдующіе вопросы:

1). Какое вліяніе имѣетъ перегибъ на качества судна. 2) Полезенъ ли онъ для нихъ, или вреденъ. 3). Должно ли перегибъ увеличивать, или уменьшать.

Вліяніе перегиба на качества.

§ 124. Выше видѣли, когда судно находится въ покоѣ, верхнія его части растягиваются, а нижнія сжимаются. Слѣдствіемъ такой перемѣны бываетъ: 1). растяженіе и сжатіе древесныхъ волоконъ; 2). разстройство въ соединеніи членовъ; 3). изгибаніе, или переломленіе гвоздей и болтовъ, связующихъ члены.

Съ увеличеніемъ моментовъ разрушающихъ силъ, эти дѣйствія также увеличиваются; но если моменты разрушающихъ силъ станутъ уменьшаться, то дѣйствія, ими произведенныя, уже не могутъ уменьшаться въ томъ же отношеніи. Разсмотримъ это обстоятельство подробнѣе.

Если бы всѣ матеріялы, составляющіе судно, имѣли совершенное элластичество, то, по минованіи дѣйствія разрушающихъ силъ, члены судна тотчасъ бы приняли первоначальное свое положеніе.

Конечно корабль далекъ отъ такого со-

вершеннаго элластичества, но оно сродно съ употребляемыми матеріялами до нѣкоторой степени, такъ, что члены, хотя отчасти, но получаютъ первоначальный свой образъ. И что въ немъ эластичество дѣйствительно существуетъ, въ томъ можетъ удостовѣрить насъ самый опытъ. Извѣстно, что въ судахъ отъ переложенія груза перегибъ уменьшается, и что наибольшая величина его бываетъ въ судахъ порожнихъ, а наименьшая—когда суда въ полномъ вооруженіи и совсѣмъ нагружены.

Все это удостовѣряетъ насъ, что съ уменьшеніемъ перегиба, хотя болты и гвозди будутъ выдерживать менѣе силы, но въ прежнее состояніе не придутъ; разстроенные члены тоже не примутъ первоначальнаго своего положенія; наконецъ, растянутыя волокна въ длинѣ не совсѣмъ уменьшатся, а сжатыя немного приближатся къ первоначальной длинѣ. Слѣдовательно послѣ перегиба уже не будетъ надлежащей связи между элементами зданія.

Такое разъединеніе позволяетъ каждому члену принимать болѣе или менѣе значительное движеніе въ разсужденіи другихъ членовъ, съ коими онъ былъ соединенъ въ началѣ. Всѣ эти движенія вмѣстѣ составляютъ то, что называется *шаткостію* членовъ.

Дѣйствіе такой шаткости будетъ измѣнять положенія членовъ и сообщать имъ нѣкоторую скорость, производящую ударъ во всемъ составѣ зданія, такъ, что разрушающія силы перегиба гораздо болѣе увеличиваются отъ ударовъ, производимыхъ шаткостію членовъ, нежели отъ силы вертикальнаго давленія воды. А при томъ же дѣйствіи послѣдней силы шаткость членовъ безпрестанно увеличивается и производитъ дѣйствія болѣе и болѣе опасныя. — Все доказываетъ, что если судно получило перегибъ, то никакое средство не въ силахъ доставить первоначальнаго соединенія членовъ.

Разсматривая корабль на морѣ взволнованномъ предоставленнымъ удареніямъ вѣтра, болѣе или менѣе жестокаго, увидимъ, что моменты, производящіе перегибъ и шаткость членовъ измѣняются въ каждое мгновеніе. И если силы, уменьшающія перегибъ, постоянны, то шаткость членовъ не имѣетъ большой скорости. Такое дѣйствіе происходитъ отъ уменьшенія перегиба нагрузкою. Напротивъ того, когда моменты силъ, уменьшающихъ перегибъ, мгновенны, какъ можетъ случиться во время килевой качки, тогда удары, производимые шаткостію членовъ, бываютъ быстры и жестоки.

Когда станемъ разсматривать элластичество деревъ какъ силу, которая отъ времени не измѣняется, то легко видѣть можно, что раздѣляя время службы на равные промежутки, при одинаковомъ дѣйствіи изгибающей силы шаткость членовъ возрастаетъ по мѣрѣ его движенія. И вотъ причина, по которой, при одинакихъ обстоятельствахъ, перегибъ кораблей увеличивается съ ихъ службою. Опыты показали, что первая кампанія не увеличитъ перегиба хорошаго судна болѣе 1 или 2 дюймовъ, а при четвертой и пятой кампаніи онъ увеличивается отъ 4 до 6 дюймовъ.

Соображая все сказанное, видимъ, сколь важно не допустить корабль до полученія перегиба. Къ этому одно только средство — приличное скрѣпленіе; а нагрузка, послѣ перелома, хотя можетъ уменьшить дѣйствіе силы, изгибающей судно, но никакъ уже не возстановитъ члены въ первоначальное положеніе, потому, что не имѣетъ никакого вліянія на шаткость членовъ и происходящія отъ нихъ разрушенія.

Отсюда слѣдуетъ, что при тѣхъ же обстоятельствахъ *прочность судна пропорціональна первоначальной неизмѣнности, которая въ обратномъ отношеніи къ высотѣ продольной дуги, получаемой килемъ*

по спускѣ судна на воду. Величину этой погиби обыкновенно принимаютъ за мѣру крѣпости построенія судна.

Соображая все вышеописанное, видимъ, что *перегибъ вреденъ для крѣпости судна.*

§ 125. Многіе думаютъ, что перегибъ доставляетъ судну нѣкоторыя качества, и въ особенности скорость хода. Основываясь на этомъ предубѣжденіи, иногда на судахъ, убѣгающихъ отъ многочисленнаго непріятеля, испытывали всевозможныя средства для разслабленія ихъ, въ надеждѣ доставить чрезъ то большую скорость хода.

Употребляя такія средства, въ то же время облегчали судно, выбрасывая въ море различныя тяжести. Такимъ образомъ увеличивалась остойчивость и доставляла возможность увеличить парусность, для усиленія скорости хода. Притомъ и уменьшеніе самаго водоизмѣщенія не мало тому помогало. Думать надобно, что отъ такихъ различныхъ причинъ судно могло бы пріобрѣсть новыя качества, и имѣть большую скорость хода и безъ разслабленія его крѣпости.

Другіе, увѣренные въ томъ же заключеніи, находили, что суда, весьма посредственно ходившія въ первую кампанію, дѣлались лучше въ послѣдующія плаванія, когда перегибъ былъ больше.

Весьма вѣроятно, что такая перемѣна происходила отъ измѣненія въ вооруженіи, отъ другаго диферента, которые могли доставить кораблямъ вовсе неожиданныя качества.

Разсматривая этотъ предметъ съ другой стороны, увидимъ, что гораздо болѣе было судовъ, у которыхъ, напротивъ, качество скораго хода по времени чувствительно уменьшалось.

Старые корабли, надъ коими замѣчали увеличеніе скорости, построенные по чертежамъ того времени, имѣли вообще носовую часть слишкомъ острую, отъ чего она, при восхожденіи на волны, много углублялась; происходящее отъ того значительное уменьшеніе въ поступательномъ движеніи не могло судамъ доставить, въ началѣ, большой скорости хода. Въ послѣдствіи же, съ прибавленіемъ перегиба, водоизмѣщеніе въ оконечностяхъ прибавлялось, а въ срединѣ уменьшалось; носъ получалъ, мало по малу, большую полноту, и качество скораго хода увеличивалось.

Но ежели носъ имѣетъ всю полноту, необходимую для удобнаго плаванія, то, отъ дѣйствія перегиба, она увеличится еще болѣе, и скорость хода можетъ уменьшиться.

Отсюда происходитъ весьма примѣчатель-

ное заключеніе: *Перегибъ можетъ быть выгоденъ только для судовъ, худо образованныхъ, и всегда вредитъ судамъ, имѣющимъ надлежащее образованіе.* Но какъ нынѣ, когда Корабельная Архитектура сдѣлала столь чувствительные успѣхи, нельзя уже думать, чтобы чрезъ прибавленіе полноты носа перегибомъ могло увеличить качество скораго хода то *перегибъ будетъ вредить поступательнымъ движеніямъ судна.*

§ 126. Средніе отсѣки судна отъ перегиба менѣе поднимаются изъ воды, нежели опускаются крайніе; значитъ площадь грузовой ватерлиніи въ кораблѣ, имѣющемъ перегибъ, увеличится, и остойчивость будетъ немного болѣе. Это также было выгодно только для такихъ кораблей, которые вообще не имѣли достаточной остойчивости.

Отъ перегиба измѣняются обводы ватерлиній и въ особенности нижнихъ. Когда высота погиби въ $\frac{1}{4}$ диферента, то ватерлинія, ближайшая къ килю, имѣетъ образованіе растянутой горизонтально цыфры 8, т. е. ширина ее болѣе въ оконечностяхъ, чѣмъ при срединѣ.— Явно, что такой видъ не можетъ въ суднѣ увеличить скораго хода.

§ 127. Опредѣливъ вліяніе перегиба на поступательныя движенія, разсмотримъ дѣйствія его на вращенія судна.

Предполагая, что судно разсѣчено на отсѣки, параллельные площади мидель-шпангоута, мы видѣли, что средніе изъ нихъ отъ перегиба поднимаются; значитъ боковое сопротивленіе на нихъ уменьшится, а на опустившіеся крайніе отсѣки то же сопротивленіе увеличится. Такое прибавленіе сопротивленія въ оконечностяхъ затрудняетъ вращательныя движенія около вертикальной оси.

Правда, что увеличенное углубленіе кормы, погружая часть руля, усиливаетъ его дѣйствіе и отчасти можетъ вознаградить тотъ вредъ, но упомянутое измѣненіе нижнихъ ватерлиній будетъ много препятствовать вращательнымъ движеніямъ судна.

§ 180. Совокупимъ теперь выводы предъидущихъ разсужденій:

1). *Всѣ корабли имѣютъ перегибъ.*

2). При тѣхъ же обстоятельствахъ *прочность кораблей въ обратномъ отношеніи къ величинѣ перегиба, который получаетъ судно по спускѣ на воду.*

3). *Перегибъ увеличиваетъ водоизмѣщеніе оконечностей, въ разсужденіи средины.*

4). *Увеличиваетъ немного остойчивость.*

5). *Можетъ быть полезенъ только для кораблей, худо образованныхъ.*

6.) *Въ судахъ, имѣющихъ надлежащее*

образованіе, онъ уменьшаетъ скорость въ прямыхъ курсахъ.

7). *Затрудняетъ повороты судна.*

Короче, *перегибъ вреденъ,— должно уменьшать его всѣми средствами.*

§ 129. Возьмемъ три отсѣка: одинъ въ срединѣ, два въ концахъ судна. Пусть вѣсъ каждаго изъ нихъ равенъ P; давленіе воды на средній $=$ M, на крайніе $=$ O, N.

Выше вывели, что въ случаѣ равновѣсія судна съ водою, M больше P, N меньше P и O меньше P; положимъ, что $N = P - a$, $O = P - b$, или $P = N + a$, $P = O + b$; для равновѣсія отсѣковъ нужно, чтобы $3P = M + N + O$, или $3P = M + (P - a) + (P - b)$, или $3P = M - (a + b) + P + P$; отсюда $M = P + a + b$.

Итакъ если вѣсъ оконечностей судна убавимъ на количества a и b, и прибавимъ вѣсъ средняго отсѣка на количество $a + b$; тогда водоизмѣщенія отсѣковъ сравняются съ ихъ вѣсомъ. Отсюда выходитъ правило *для уменьшенія перегиба располагать тяжелѣйшія вещи около средины судна, облегчая сколь можно оконечности.*

Въ порожнемъ суднѣ отношеніе между вѣсомъ отсѣковъ и водоизмѣщеніемъ весьма значительно, а въ нагруженномъ оно уменьшается расположеніемъ тяжелѣйшихъ вещей около средины. И потому въ послѣд-

немъ случаѣ перегибъ будетъ гораздо менѣе, нежели въ первомъ. Основываясь на этомъ, нужно поставить правиломъ никогда не оставлять кораблей, послѣ кампаніи, совершенно порожними, а держать ихъ углубленными, по грузовую ватерлинію.

Впрочемъ какъ бы не было легко средство уменьшать перегибъ нагрузкою, оно не всегда удобоисполнимо, и болѣе, или менѣе ограничивается удобствомъ расположенія вещей, доказаннымъ многолѣтними опытами. Напримѣръ необходимо облегчать тяжесть носа;—а тутъ находится бушпритъ, якори и другія тяжести, которыя дѣлаютъ невозможнымъ облегченіе этой оконечности нагрузкою. Притомъ же нагрузка, какъ видѣли выше, только уменьшаетъ силу, изгибающую судно, а не имѣетъ возможности уменьшить вредъ, производимый шаткостію членовъ.

§ 130. Разсмотримъ, каково должно быть образованіе судна и отношеніе между главными размѣреніями для уменьшенія перегиба.

Пусть ABCE представляетъ линію вер- Черт. 36.
тикальныхъ сѣченій, AE $= \mathfrak{X}$; CE $= l$, положимъ, что она имѣетъ видъ параболы, которой указатель $= n$. Площадь этой линіи, умноженная удѣльнымъ вѣсомъ воды, покажетъ водоизмѣщеніе судна, т. е.

*

$$D = \frac{n}{n+1} \mathfrak{X}.\ l.\ k,$$

гдѣ k представляетъ удѣльный вѣсъ воды.

Величина водоизмѣщенія, или вмѣстительности, можетъ быть выражена прямоугольникомъ, коего длина l, а высота $\frac{n}{n+1}\mathfrak{X}$; построимъ его. Отъ точки E по AE положу $EF = \frac{n}{n+1}\mathfrak{X}$; проведу FG. Составится прямоугольникъ EFGC, коего площадь, умноженная на k, будетъ равна водоизмѣщенію судна.

Тотъ отсѣкъ, который перелома имѣть не будетъ, находится близъ прямой BD. Здѣсь моменты, подымающіе или опускающіе отсѣки, уничтожаются, слѣдовательно BD можно принять за ось моментовъ.

Площадь AFB представитъ разность между средними отсѣками и ихъ водоизмѣщеніями, а площадь BGC будетъ разность между вѣсомъ и водоизмѣщеніями среднихъ отсѣковъ.

Моментъ первой площади, въ разсужденіи DB, представитъ силу, подымающую часть судна между AE и BD; а моментъ послѣдней площади будетъ сила, опускающая носовую часть судна.

Уравненіе линіи сѣченій $y^n = px$; наиболь-

шая абцисса $= \mathfrak{X}$, а ордината $= l$; параметръ $p = \frac{y^n}{x} = \frac{l^n}{\mathfrak{X}}$.

Сыщемъ, во-первыхъ, величину абциссы, соотвѣтствующей тому отсѣку, коего вѣсъ равенъ водоизмѣщенію.

Въ настоящемъ случаѣ $BD = \frac{n}{n+1}\,\mathfrak{X}$.

$$x = AE - BD = \mathfrak{X} - \frac{n}{n+1}\mathfrak{X} = \left(1 - \frac{n}{n+1}\right)\mathfrak{X}, \text{ или}$$

$$x = \frac{1}{n+1}\,\mathfrak{X}; \text{ но какъ}$$

$y^n = px$, будетъ $y^n = \frac{l^n}{\mathfrak{X}} \cdot \frac{\mathfrak{X}}{n+1} = \frac{1}{n+1} l^n$, откуда

$$y = l\sqrt[n]{\frac{1}{n+1}},\ CD = l - l\sqrt[n]{\frac{1}{n+1}} = l\left(1 - \sqrt[n]{\frac{1}{n+1}}\right) = \rho.$$

Площадь $CDBG = BD.\ CD = \frac{n}{n+1}\mathfrak{X}\,\rho.\ \kappa$, изобразитъ вѣсъ носовыхъ отсѣковъ.

Площ. DBC, представляющая водоизмѣщеніе носовыхъ отсѣковъ, равна $\frac{n}{n+1} \cdot \frac{n}{n+1}\,\mathfrak{X}\,\rho$.

Разность ихъ $= \frac{n}{n+1}\mathfrak{X}\,\rho - \frac{n^2}{(n+1)^2}\mathfrak{X}\,\rho =$

$$\frac{n}{n+1}\mathfrak{X}\,\rho\left(1 - \frac{n}{n+1}\right) = \frac{n}{(n+1)^2}\mathfrak{X}\,\rho.$$

Означивъ чрезъ b отстояніе центра тя-

жести площади DBC отъ прямой DB, имѣемъ:

$$\frac{n}{(n+1)^2} \cdot \times pb.\ k$$

моментъ силы, понуждающій носовую часть опускаться.

Площадь AFB $=$ площ. BDC $= \frac{n}{(n+1)^2} \times p.$

Означимъ отстояніе центра тяжести этой площади отъ BD чрезъ a, будетъ:

$$\frac{n}{(n+1)^2} \times pa.\ k$$

моментъ силы, понуждающій средину возвышаться.

Разность ихъ $\frac{n}{(n+1)^2}(a \quad b) \times pk$ представитъ производный моментъ, изгибающій носовую часть судна.

Моментъ, изгибающій кормовую часть судна, долженъ быть равенъ этому, ибо въ противномъ случаѣ судно получило бы вращательное движеніе съ носу на корму, или обратно. И потому производный изгибающій моментъ будетъ

$$R = \frac{n}{(n+1)^2} \cdot \times (a - b)\ 2p.\ k.$$

Для уменьшенія перегиба нужно этотъ моментъ уменьшать.

Разсматривая выраженіе момента R, видимъ,

что для уменьшенія его должно: 1). *уменьшать площадь мидель-шпангоута.* 2). *Увеличивать указателя линіи вертикальныхъ сѣченій.* 3). *Уменьшать разность между a и b: что можно сдѣлать уменьшеніемъ длины судна и увеличеніемъ полноты его въ оконечностяхъ; т. е. при томъ же водоизмѣщеніи, чѣмъ менѣе площадь мидель-шпангоута, тѣмъ менѣе моментъ изгибающей силы, и при данной площади мидель-шпангоута, тотъ моментъ будетъ уменьшаться съ увеличеніемъ полноты носа и кормы;* наконецъ

4). *Уменьшать количество* $p = l\left(1 - \sqrt[n]{\frac{1}{n+1}}\right)$,

т. е. *дѣлать менѣе длину судна.*

Симъ полагаемъ окончить изложеніе о крѣпости, а вмѣстѣ и о качествахъ, необходимыхъ для всякаго мореходнаго судна.

§ 131. Собравъ всѣ выводы предшествующихъ разсужденій, видимъ, что для доставленія судну необходимыхъ качествъ:

1). *Шпангоуты должны имѣть наибольшую свою полноту при грузовой ватерлиніи, и сколь можно большую остроту при килѣ.*

2). *Обводы ватерлиній отъ мидель-шпангоута къ носу и къ кормѣ съуживать постепенно, не дѣлать оконечностей весьма острыми, и притомъ сколь можно соблюдать*

равнообразіе ихъ, особенно близъ грузовой ватерлиніи.

3). *Обводы батоксовъ около грузовой ватерлиніи дѣлать наклонными къ горизонту, въ носу и въ кормѣ, по возможности, равнообразными.*

4). *Увеличивать площадь грузовой ватерлиніи, и уменьшать площадь мидель-шпангоута.*

Впрочемъ то и другое имѣютъ предѣлы, зависящіе отъ условій килевой и боковой качки.

5). *Увеличивать площадь діаметральную, дѣлая болѣе вышину киля, дедвудовъ и ширину штевней.*

6). *Увеличивать длину противъ ширины.*

Вотъ краткій сводъ правилъ, которыя соблюдать должно для образованія поверхности судна, удовлетворяющей условіямъ плаванія.

Конецъ I-го Отдѣленія.

ОТДѢЛЕНІЕ II.

ПРАКТИКА

СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ.

ОПЫТЪ
СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ
ВОЕННЫМЪ СУДАМЪ.

ОТДѢЛЕНІЕ II.

ПРАКТИКА СОЧИНЕНІЯ ЧЕРТЕЖЕЙ.

О СУДАХЪ ВООБЩЕ.

§ 132. Изъ множества разнообразныхъ цѣлей, для которыхъ строются плавающія по морямъ суда, главнѣйшія суть: *Война* и *торговля*. Потому и суда могутъ быть раздѣлены на два главные рода: на *военныя* и *купеческія*.

Военныя суда, по ихъ назначенію, можно раздѣлить на *мореходныя*, *прибрежныя* и *рѣчныя*.

Военныя мореходныя суда самой большей величины называются *кораблями*.

Они различаются между собою по числу орудій, которыхъ бываетъ отъ 130 до 74-

Когда на кораблѣ должно быть отъ 130 до 110 орудій, они ставятся въ 3 декахъ закрытыхъ, и корабль называется трехъ-дечнымъ. Если же число орудій отъ 100 до 74, они ставятся въ 2-хъ закрытыхъ декахъ, и корабли называются двухъ-дечными (§ 22).

Фрегатъ имѣетъ отъ 60 до 24 орудій, которыя ставятся въ одномъ закрытомъ декѣ.

Кромѣ того, всѣ корабли и фрегаты имѣютъ открытую батарею на верхней палубѣ. Въ двухъ-дечныхъ корабляхъ есть еще артиллерія и на ютѣ, а въ трехъ-дечныхъ этой палубы иногда не дѣлаютъ, ибо они и безъ того уже имѣютъ слишкомъ высокую надводную часть. Цѣль всѣхъ вообще кораблей — сражаться въ линіи; къ тому же употребляются иногда и большіе фрегаты, отчего тѣ и другіе можно назвать судами *линейными*.

Каждое линейное судно требуетъ непремѣннаго совмѣщенія всѣхъ условій, удовлетворяющихъ качествамъ. И какъ суда этого рода почти всегда должны плавать по нѣскольку вмѣстѣ, то необходимо нужно, чтобъ качества ихъ были, сверхъ того, въ равной степени, ибо худшее судно можетъ задер-

живать цѣлый флотъ: что во всякомъ случаѣ принесетъ вредъ удобности плаванія.

§ 133. Малаго рода мореходныя суда, употребляемыя въ особенности тамъ, гдѣ требуется поспѣшность въ плаваніи, относительно качествъ, могутъ быть причислены къ *корсерамъ* вообще. Они суть:

Корветъ имѣетъ отъ 32 до 22 орудій, поставляемыхъ на верхней палубѣ; отличается отъ фрегата тѣмъ, что не имѣетъ закрытой батареи. Оснастка его подобна фрегату.

Бригъ имѣетъ отъ 20 до 8 пушекъ; оснастку 2-хъ-мачтовую.

Галеты, *Шкуны*, *Люгеры*, *Тендеры* и *Катера* при флотѣ служатъ для разнаго рода посылокъ. —

Они различаются между собою наиболѣе оснасткою (*).

Во всѣхъ сихъ судахъ болѣе всего нужно обращать вниманіе на качество скораго хода.

Вмѣстительность ихъ должно по возможности уменьшать.

§ 134. Къ мореходнымъ военнымъ судамъ относятся всякаго рода грузовые транспорты, служащіе для снабженія флотовъ, крѣ-

---

(*) Объ оснасткѣ всѣхъ сихъ судовъ подробно описано будетъ особо.

постей и дальнихъ портовъ. Самыя большія изъ нихъ носятъ до 40 орудій, и оснасткою подобны фрегатамъ. Вмѣстительность и остойчивость суть главныя качества, которыя нужны судамъ грузовымъ. Впрочемъ излишнее увеличеніе вмѣстительности повредитъ качеству скораго хода.

§ 135. Къ прибрежнымъ военнымъ судамъ относится весь гребный флотъ, какъ-то: *Геммамы*, *Плавучія батареи*, *Бомбардирскія батареи* и *лодки*, *Канонирскія лодки*. Кромѣ того, различной величины палубные и безпалубные боты.

Всѣ суда гребнаго флота, въ случаѣ нужды, могутъ быть приводимы въ движеніе помощію веселъ. Они назначаются для плаванія около береговъ, по отмѣлямъ; качества ихъ, въ морѣ много ограничиваются плоскодонностію и недостаткомъ глубины, которыя составляютъ необходимую ихъ принадлежность для удобнѣйшаго исполненія своего назначенія.

Геммамъ имѣетъ до 40 орудій; оснастку подобную фрегатамъ; употребляется для доставленія провіанта приморскимъ крѣпостямъ, для перевоза десанта въ мѣлководныхъ мѣстахъ, и т. п.

Плавучая батарея имѣетъ отъ 5 до 9 большаго калибра пушекъ, которыя ставятся

на верхней палубѣ, по срединѣ судна, на платформахъ, для того, чтобъ можно было пушками дѣйствовать во всѣ стороны. Эти суда употребляются, при осадѣ какой либо приморской крѣпости, въ томъ случаѣ, когда корабли и фрегаты, по мѣлководію, подойти къ ней не могутъ. Остойчивость и крѣпость въ наивысшей степени суть два главныя качества, которыя всякая Плавучая батарея имѣть должна:

Канонирскія лодки бываютъ *палубныя* и *безпалубныя.* Первыя имѣютъ три большаго калибра пушки, изъ коихъ двѣ ставятся въ носу, и одна въ кормѣ. На послѣднихъ же бываетъ двѣ пушки: одна въ носу, а другая въ кормѣ.

Есть также Канонирскія лодки, имѣющія одну только пушку, въ носу.

Іолъ, малаго рода, Канонирская лодка, имѣющая одну только пушку, въ кормѣ.

Канонирскія лодки употребляются въ мѣлководныхъ мѣстахъ, и потому онѣ при малой глубинѣ должны имѣть сколь можно большую легкость хода. Въ нихъ назначается только мѣсто для экипажа и артиллерійскихъ снарядовъ, а кухня, лазаретъ и другія потребности помѣщаются на ботахъ, нарочно для того назначенныхъ. Это дѣлается для того, чтобы уменьшать водоизмѣще-

ніе Канопирскихъ лодокъ, и тѣмъ доставить большую скорость хода.

Бомбардирскія батареи имѣютъ по двѣ, или по три мортиры, а Бомбардирскія лодки по одной. Цѣль ихъ та же, что Плавучихъ батарей.

Еще употребляютъ въ морѣ Бомбардирскія суда, которыя имѣютъ также двѣ или три мортиры, поставляемыя на верхней палубѣ.

Всѣ Бомбардирскія суда въ особенности должны быть одарены твердою остойчивостію, и превосходною крѣпостію.

Вообще судамъ прибрежнымъ и рѣчнымъ должно давать качества, удовлетворяющія болѣе главной цѣли, не упуская впрочемъ и малѣйшей возможности дѣлать ихъ лучшими въ другихъ отношеніяхъ.

Сдѣлавъ краткій обзоръ судовъ, видимъ, что въ отношеніи къ качествамъ ихъ можно раздѣлить на три главные рода: на 1) *линейныя*, 2) *корсеры* и 3) *грузовыя*. Къ послѣднимъ будутъ относиться, кромѣ транспортовъ, всѣ вообще купеческія суда.

ГЛАВА X.

О главныхъ размѣреніяхъ и площадяхъ линейныхъ судовъ.

Изслѣдывая качества въ 1-мъ Отдѣленіи, мы показали способы находить водоизмѣщеніе и положеніе главныхъ центровъ, прежде сочиненія чертежа. Теперь остается только найти главныя размѣренія и площади.

§ 136. Подъ именемъ главныхъ размѣреній судна разумѣются его *длина*, *ширина* и *глубина*.

Выше видѣли (§§ 81, 88, что для скорости хода въ прямыхъ и косвенныхъ путяхъ, необходимо увеличить длину судна въ разсужденіи ширины. Извѣстно также, что для остойчивости должно увеличивать ширину (§ 53); для поворотливости и крѣпости нужно уменьшать длину (§§ 101 и 130). Наконецъ употребленіе пушекъ на палубахъ требуетъ до нѣкотораго предѣла увеличенія длины и ширины. — Очевидно, что, для удовлетворенія всѣмъ таковымъ требованіямъ, должно быть нѣкоторое опредѣленное отношеніе между длиною и шириною судна.

До сихъ поръ теорія не можетъ показать величины этого отношенія, а потому, при опредѣленіи главныхъ размѣреній, руководствуются опытомъ, который всегда покажетъ величины, если не истинныя, то, по крайней мѣрѣ, довольно удовлетворительныя въ практикѣ. Обыкновенно судно, оказавшееся въ морѣ хорошимъ, служитъ примѣромъ въ опредѣленіи размѣреній другаго судна той же величины. Но весьма часто хорошія суда имѣютъ совершенно различныя отношенія. По этой причинѣ и самый опытъ показываетъ не одно, а весьма многія правила для опредѣленія зависимости между главными размѣреніями.

§ 137. Иногда опредѣляютъ ширину, взявъ среднюю геометрическую, пропорціональную между $\frac{1}{5}$ и $\frac{1}{4}$ его длины по гондеку; но находятъ, что эта ширина слишкомъ велика, и потому, отнявъ отъ длины $\frac{1}{12}$ часть, принимаютъ за ширину среднюю геометрическую, пропорціональную между $\frac{1}{5}$ и $\frac{1}{4}$ происшедшаго остатка.

За ширину 3-хъ-дечнаго корабля принимаютъ $\frac{5}{6}$ частей отъ $\frac{1}{3}$ его длины по гондеку.

Въ фрегатахъ обыкновенно ширина бываетъ около $\frac{1}{4}$ длины по жилой палубѣ.

Короче, есть множество подобныхъ способовъ для опредѣленія ширины по данной

длинѣ, но изъ нихъ можно извлечь только, что ширина всякаго судна должна заключаться между $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{4}$ длины его.

§ 138. Излишнее увеличиваніе длины, или ширины, много вредитъ качествамъ: слишкомъ узкое и длинное судно мало-остойчиво; лишается возможности носить большую парусность; медленно въ поворотахъ и имѣетъ меньшую крѣпость.

Напротивъ, судно, имѣющее слишкомъ великую ширину въ отношеніи къ длинѣ, много потеряетъ въ качествѣ скораго хода и получитъ большой дрейфъ.

Размѣреніе судна также зависитъ отъ его назначенія и другихъ условій. Наприм. суда, назначаемыя для плаванія въ мѣлководныхъ мѣстахъ, должны имѣть сколь можно меньшую глубину, — таковы всѣ прибрежныя суда. И вообще, глубина всѣхъ судовъ ограничивается глубиною фарватера около портовъ; — въ самомъ большомъ кораблѣ среднее углубленіе съ килемъ не бываетъ болѣе 25-хъ футовъ.

Суда 3-хъ - мачтовыя имѣютъ большую длину, въ отношеніи къ ширинѣ, противъ 2-хъ-мачтовыхъ и одно - мачтовыхъ. Такъ фрегаты и корветы дѣлаютъ длиннѣе, относительно ихъ ширины, нежели бриги и катеры. Впрочемъ это не единственное средство,

для доставленія этимъ судамъ твердой остойчивости, можно, уменьшивъ главную ширину, увеличить площадь грузовой ватерлиніи; остойчивость останется та же, а скорость хода будетъ болѣе.

Вообще употребленіе на суднѣ высокой парусности требуетъ большей ширины; въ судахъ же, имѣющихъ низкую парусность, увеличиваютъ длину.

§ 139. Въ линейныхъ судахъ длина и ширина зависитъ отъ числа и величины орудій.

За длину обыкновенно принимаютъ разстояніе отъ шпунта въ стемѣ до шпунта въ старнпостѣ, на вышинѣ гондека—въ кораблях; на жилой палубѣ — во фрегатахъ. И потому отъ увеличиванія или уменьшенія числа орудій на гондекѣ, длина судна также должна увеличиться или уменьшиться.

Выше (таб. No 10) показано число орудій на гондекѣ.— Ихъ должно ставить одно отъ другаго на разстояніе, достаточное для дѣйствія.

Пушечные порты также должны быть опредѣленной величины. — Сумма ширинъ всѣхъ портовъ вмѣстѣ съ суммою промежутковъ покажетъ предѣлъ, меньше коего длина корабля быть не должна.

§ 140. Пушечные порты должны имѣть такую величину, чтобы поставленными въ

нихъ пушками можно съ удобностію дѣйствовать. Если бы это дѣйствіе производилось по одному только направленію, то не требовалось бы большой величины портовъ; но какъ выстрѣлы весьма часто бываютъ косвенные, то назначая размѣренія портовъ, должно принять въ разсужденіе углы, на которые пушка можетъ быть отведена отъ обыкновеннаго своего положенія.

Самый большій уголъ, на который пушка можетъ быть поворочена: для среднихъ портовъ бываетъ 44° въ обѣ стороны; для кормовыхъ 49° къ кормѣ и 35° къ носу; для носовыхъ 34° къ кормѣ.

Въ погонныхъ портахъ пушки ставятся такъ, чтобъ онѣ могли дѣйствовать вдоль корабля, и будетъ весьма достаточно, если отъ этаго направленія уклоняются на 10° или на 15°.

Корронады отъ прямаго своего положенія не могутъ быть поворочены къ носу и къ кормѣ болѣе 35°.

Должно замѣтить, что увеличеніе ширины портовъ, доставляя удобность для дѣйствія пушками, весьма много ослабляетъ крѣпость корабельныхъ стѣнъ и можетъ быть допущено только до нѣкоторой степени.

§ 141. Пусть AB представляетъ направле- Черт. 37.
ніе стѣны корабля; CD — средняя линія канала

или директриса порта. Положимъ, что пушка отъ прямаго своего положенія въ сторону B можетъ быть отведена на уголъ DCE, а въ сторону H на уголъ DCH. — Опредѣлимъ ширину порта.

Изъ точки F на CE опустимъ перпендикуляръ $FG = a$, который покажетъ толщину пушки противъ порта; углы BCE и HCA означимъ чрезъ α и δ. Пусть F и K точки пресѣченія отведенной въ обѣ стороны пушки со стѣною AB; FK будетъ требуемая ширина порта.

Изъ прямоугольнаго треугольника FCG имѣемъ:

$$CF = \frac{FG.R}{sin.\,\alpha} \text{ и } CK = \frac{FG.\,R}{sin.\,\delta}, \text{ откуда}$$

$$\text{ширина порта } FK = \frac{a\,(sin.\,\alpha + sin.\,\delta)\,R}{sin.\,\alpha.\,sin.\,\delta} = X.$$

Полагая $\alpha = \delta$, получимъ

$$FK = X = \frac{2aR}{sin.\,\alpha}$$

По этимъ формуламъ можно опредѣлить ширину портовъ для пушекъ различныхъ калибровъ.

§ 142. *Для* опредѣленія вышины порта надлежитъ знать, на какой уголъ орудіе должно быть возвышено, и высоту его надъ нижнимъ косякомъ порта.

Высоты нижнихъ линій канала пушекъ надъ нижнимъ косякомъ порта слѣдующія:

Для	*пушки*	36	*фун.*	*калибра*	*11*	*дюймовъ.*
—	———	24	——	———	11	———
—	———	18	——	———	9	———
—	———	12	——	———	9	———
—	———	8	——	———	7	———
—	———	6	——	———	7	———

Наибольшее возвышеніе, какое можетъ имѣть пушка, бываетъ 17°, а наибольшее пониженіе около 18°.

Корронады же вообще ставятъ столь низко, сколько позволяютъ ватервейсы; верхній же косякъ корронаднаго порта отстоитъ отъ платформы въ слѣдующей высотѣ:

Для	*68*	*фунт.*	*корронады*	*3*	*фут.*	*3*	*дюйм.*
—	36	———	———	3	——	0	——
—	24	———	———	2	——	10	——
—	18	———	———	2	——	7	——
—	12	———	———	2	——	6	——
—	8	———	———	2	——	0	——

Самый большій уголъ, на который корронада можетъ быть поднята помощію винта, бываетъ около 11°, а безъ винта около 14°; наибольшее пониженіе корронады $6\frac{1}{2}$°.

§ 143. Пусть AB=a представляетъ *разстояніе отъ стѣны до центра цапфовъ*, которые всегда находятся на одной высотѣ съ нижнею линіею канала AB. Положимъ, что BG=c представляетъ разстояніе отъ нижней линіи канала до нижняго косяка порта G.

Пусть пушка возвышена на уголъ EAB$=\alpha$. Изъ C на DE опущу перпендикуляръ CE$=b$. Изъ прямоугольныхъ треугольниковъ ADB и CDE имѣемъ: $CD=\frac{b.\ R}{cos.\ \alpha}$; $BD=\frac{a.\ tang.\ \alpha}{R}$;

а потому

$$BD+CD=BC=\frac{a.\ tang.\ \alpha}{R}+\frac{b.\ R}{cos.\ \alpha}$$

$$=\frac{a.R.\ sin.\ \alpha+b.\ R^2}{R.\ cos.\ \alpha}$$

Придавъ къ этому количеству BG$=$C, получимъ высоту порта.

$$GC=X=\frac{Ra.\ sin.\ \alpha+b.\ R^2}{R.\ cos.\ \alpha}+C.$$

Въ этой формулѣ извѣстны количества C и α; величины же a и b зависятъ отъ калибра орудія. Когда пушка выдвинута за бортъ, отстояніе центра цапфовъ отъ передней стороны станка можно положить четыре калибра орудія; величина b бываетъ около 1,66 того же калибра.

Такимъ образомъ опредѣлится вышина порта для орудій различныхъ калибровъ.

Слѣдующая таблица показываетъ размѣренія портовъ для пушекъ и корронадъ на станкахъ Конгерова устроенія.

ТАБЛИЦА № 15.

Калиберъ.	Высота нижняго косяка отъ палубы:		Высота порта:		Ширина порта:	
	Пушки:	Корронады.	Пушки.	Корронады.	Пушки.	Корронады.
	ф. д.	ф. д.	ф. д.	ф. д.	ф. д.	ф. д.
68	„	1 — 0	„	4 — 4	„	4 — 0
36	2 — 4	0 — 10	2 — 9	3 — 6	3 — 5	3 — 3
24	2 — 0	0 — 10	2 — 8	3 — 4	3 — 5	3 — 0
18	1 — 10	0 — 8	2 — 7	2 — 10	3 — 0	2 — 8
12	1 — 8	0 — 8	2 — 8	2 — 8	2 — 8	2 — 6
8	1 — 6	0 — 7	2 — 2	2 — 4	2 — 4	2 — 2

Показанныя въ таблицѣ высоты портовыхъ косяковъ отъ палубы совершенно зависятъ отъ высоты станковъ, и потому, при сочиненіи чертежа, должно имѣть въ виду устроеніе станковъ. Это примѣчаніе въ особенности относится къ корронадамъ, станки коихъ дѣлаютъ различно.

§ 144. При размѣщеніи пушечныхъ портовъ должно сперва опредѣлить крайнія изъ нихъ, помѣщаемыя въ носу и въ кормѣ.—Такъ какъ палуба въ оконечностяхъ съуживается, то послѣдніе боковые порты, въ носу и въ кормѣ, должно удалять на достаточное разстояніе отъ стема и старнпоста; въ противномъ случаѣ, поставленныя въ нихъ пушки для боковаго дѣйствія будутъ неудобны.

Первый носовой портъ находится отъ стема на разстояніе $2\frac{1}{2}$, или двухъ промежутковъ прочихъ портовъ. Отстояніе же послѣдняго кормоваго порта отъ старнпоста бываетъ два или $1\frac{1}{2}$ такихъ промежутка. Впрочемъ, отъ увеличенія этихъ разстояній до нѣкоторой степени, получается выгода, ибо тогда крайнія пушки будутъ далѣе отъ оконечностей, чрезъ что облегчится вѣсъ ихъ.

Прочіе порты гондека размѣщаются въ равномъ между собою разстояніи, такъ, чтобы каждый портъ перерубалъ одинъ шпангоутъ; въ каждомъ промежуткѣ помѣщалось бы три шпангоута, изъ коихъ средній перерубается портомъ опердека, а остальные, по обѣ его стороны, простираются до планшира.

Ширина шпангоута въ правкѣ для корабля равна 2 фут. 4 дюйм.; ширина шпаціи 4 дюйм., а потому ширина трехъ шпангоутовъ вмѣстѣ съ шириною шпацій составитъ 7 фут. 8 дюйм.— Вотъ предѣлъ, меньше коего ширина промежутковъ въ корабляхъ быть не должна.

Въ фрегатахъ тѣ промежутки могутъ быть 7 фут. 6 дюйм. и 7 фут. 2 дюйм.

Впрочемъ промежутки портовъ болѣе зависятъ отъ калибра орудій: это видно изъ слѣдующей таблицы.

ТАБЛИЦА № 14.

Размѣренія промежутковъ портовъ.

Для пушекъ	36 фун.	калибра	7 фут.	8 дюйм.
— ——	24	—— ——	7 ——	6 ——
— ——	18	—— ——	7 ——	4 ——
— ——	12	—— ——	7 ——	2 ——
— ——	8	—— ——	7 ——	0 ——

§ 145. Итакъ теперь извѣстно: число портовъ нижней батареи, ширина ихъ, промежутки и, наконецъ, отстояніе крайнихъ портовъ отъ стема и старнпоста. — Сумма этихъ данныхъ покажетъ длину судна по гондеку.

Пусть a представляетъ ширину порта нижней батареи или гондека; b — промежутокъ портовъ; n — число портовъ на одной сторонѣ гондека, — будетъ:

an — ширина всѣхъ портовъ.

$b(n-1)$ — сумма промежутковъ.

$3,5b$ — сумма отстояній крайнихъ портовъ отъ стема и старнпоста.

Означивъ чрезъ L длину корабля по гондеку, имѣемъ:

$$L = an + (n-1)b + 3,5b = an + (n+2,5)b.$$

Слѣдовательно, зная число портовъ нижней батареи и величину ихъ, по этой формулѣ, легко можно сыскать длину судна по гондеку.

Примѣръ. Число портовъ на одной сто-

ронѣ гондека 84 пуш. корабля, — 16; ширина порта для 36 фунт. пушки 3,41 фут. = 3 фут. 5 дюйм.; промежутокъ 7 фут. 8 дюйм.,—будетъ: L=196,27 футовъ.

§ 146. Ширина корабля на вышинѣ гондека зависитъ отъ величины орудій, на немъ поставляемыхъ. При дѣйствіи, когда пушки отдаются назадъ, нужно, чтобы между ними и люками оставалось довольно мѣста, для производства работъ въ управленіи кораблемъ.

Пусть *c* изображаетъ ширину люка; *d* — разстояніе отъ люка до пушки, вдвинутой въ корабль; *e* — длина пушки; *t* — толщина стѣны съ обшивками,—получимъ

$$B=c+2(d+e+t),$$

что показываетъ ширину корабля съ обшивкою на вышинѣ гондека.

Количество *c* — ширина люка— во всѣхъ судахъ бываетъ около 0,0375 длины гондека. Толщина стѣны *t* зависитъ отъ величины судна и опредѣляется изъ размѣреній.

Разстояніе *d* бываетъ:

для кораблей 3-хъ-дечныхъ отъ 10 до 9 фут.
— ——— 2-хъ-дечныхъ отъ 9 до 8 ——
— фрегатовъ . . . отъ 7 до 5 ——
— корветовъ . . . . 5-ть фут.,

и ни въ какомъ случаѣ не должно быть менѣе 5-ти футовъ.

Количество *e* — длина орудія,—какъ видно

изъ слѣдующаго,—зависитъ отъ его калибра.

Длина 36 фунт. пушки:	длинной	11,45	фут.
	короткой	10,21	фут.
—— 24 фунт. ——	длинной	11,0	фут.
	короткой	9,42	фут.
—— 18 фунт. ——	длинной	10,06	фут.
	короткой	8,56	фут.
—— 12 фунт. ——	длинной	9,11	——

Сыщемъ ширину 84 пуш. корабля.

Въ этомъ случаѣ $c=0,0375$. $L=7,36$ фут., $t=2,0$; $e=11,45$; $d=9$,—и потому $B=51,81$ фут.

Для фрегата, вооруженнаго 36 фунт. длинными пушками, $c=6,36$; $t=1,75$; $e=11,45$; $d=7$,—слѣдовательно $B=46,76$.

§ 147. Всѣ мореходныя качества преимущественно зависятъ отъ образа подводной его части, и потому необходимо знать длину, ширину и глубину подводной части при грузовой ватерлиніи.

Главныя размѣренія подводной части зависятъ отъ водоизмѣщенія.

Пусть r представляетъ отношеніе водоизмѣщенія D къ паралелепипеду, составленному изъ главныхъ размѣреній: длины при грузовой —L; ширины — B, и глубины—H, такъ, что

$$r=\frac{D}{LBH}$$

Для доставленія судну лучшихъ качествъ и въ особенности скораго хода, количество r должно уменьшать. Это можно сдѣлать, или уменьшая числителя D, или увеличивая знаменателя LBH. Но величина водоизмѣщенія D, зависящая отъ другихъ условій, есть нѣкоторымъ образомъ постоянна для каждаго судна; слѣдовательно уменьшеніе r будетъ зависѣть отъ увеличенія LBH. И потому, *при одинаковомъ водоизмѣщеніи, то судно будетъ имѣть лучшія качества, въ которомъ болѣе главныя размѣренія подводной части.* Впрочемъ увеличеніе главныхъ размѣреній полезно только до нѣкотораго предѣла.

Излишнее увеличеніе главныхъ размѣреній противъ водоизмѣщенія увеличиваетъ издержки на построеніе судна и отчасти вредитъ крѣпости.

Но какъ малыя суда имѣютъ относительную крѣпость больше противъ кораблей, то количество r, въ первыхъ должно быть менѣе, нежели въ послѣднихъ. И вообще въ судахъ, назначаемыхъ для скораго хода, должно главныя размѣренія противъ водоизмѣщенія увеличивать, а въ судахъ грузовыхъ уменьшать.

§ 148. Опредѣлимъ, во-первыхъ, зависимость длины грузовой ватерлиніи отъ водоизмѣщенія.

Теорія съ своей стороны не показываетъ этой зависимости, и потому обратимся къ опыту.

Если длины различныхъ судовъ того же рода примемъ за абциссы, а водоизмѣщенія за ординаты, то кривая линія, проходящая чрезъ концы ординатъ, выходитъ правильная; когда бы извѣстно было уравненіе этой кривой линіи, можно бы опредѣлить и зависимость длины судна отъ его водоизмѣщенія.

Вычертивъ такую кривую на самомъ дѣлѣ, мы увидимъ, что она весьма сходствуетъ съ образованіемъ параболы нѣкоторой степени.

Это подаетъ мысль находить зависимость длины, при грузовой, отъ водоизмѣщенія, помощію параболы.

Уравненіе параболы есть $y^n = px$, гдѣ y— ордината p— параметръ, x — абцисса.

Полагая, что линія, проходящая чрезъ концы ординатъ, представляющихъ водоизмѣщенія различныхъ судовъ, имѣетъ видъ параболы, получимъ:

$$D^n = pL, \text{ откуда } L = \frac{D^n}{p}.$$

Если извѣстно водоизмѣщеніе D, то для опредѣленія длины L, нужно найти только количество n и p.

Пусть D' и D'' представляютъ водоизмѣ-

щенія какихъ либо судовъ, извѣстныхъ по своимъ хорошимъ качествамъ; L' и L'' — ихъ длины. Въ слѣдствіе сдѣланнаго предположенія, будетъ:

$$D'^n = pL' \text{ и } D''^n = pL'', \text{ откуда}$$

$$p = \frac{D'^n}{L'}, \text{ и } p = \frac{D''^n}{L''}, \text{ отчего}$$

$$\frac{D'^n}{L'} = \frac{D''^n}{L''}, \text{ или } D'^n L'' = D''^n L'.$$

Взявъ послѣдняго уравненія логариѳмъ, имѣемъ:

$n.\,\mathrm{Log.}\,D' + \mathrm{Log.}\,L'' = n.\mathrm{Log.}\,D'' + \mathrm{Log.}\,L'$, или

$n\,(\mathrm{Log.}\,D' - \mathrm{Log.}D'') = \mathrm{Log.}\,L' - \mathrm{Log.}\,L''$, откуда

$$n = \frac{\mathrm{Log.}\ L' - \mathrm{Log.}\ L''}{\mathrm{Log.}\,D' - \mathrm{Log.}\ D''}$$

По этой формулѣ найдется n.

Для опредѣленія p возьмемъ логариѳмъ уравненія $p = \frac{D'^n}{L'}$, будетъ

$$\mathrm{Log.}\ p = n.\,\mathrm{Log.}\ D' - \mathrm{Log.}\ L'$$

Въ этомъ уравненіи извѣстны n, D' и L', слѣдовательно p опредѣлится.

По вычисленіямъ Чапмана:

для кораблей $p = 5{,}18454$, $n = 0{,}3088$;

для фрегатовъ $p = 4{,}1809$, $n = 0{,}3344$,

такъ, что длина по грузовой ватерлиніи:

для кораблей $L = 5{,}18454\ D\ 0{,}3088$;

для фрегатовъ $L = 4{,}1809\ D\ 0{,}3344$;

§ 149. Принимая ширины судовъ за абциссы, а длины за ординаты параболы, имѣемъ:

$$L^m = qB,\ \text{откуда}\ B = \frac{L^m}{q}.$$

Для опредѣленія m и q, положимъ, какъ выше, что B' и B'' представляютъ ширины судовъ, извѣстныхъ своими хорошими качествами L' и L'' ихъ длины, будетъ:

$$L'^m = qB',\ L''^m = qB'',\ \text{откуда}$$

$$\frac{L'^m}{L''^m} = \frac{B'}{B''};\ \text{взявъ логариѳмъ, имѣемъ:}$$

$$m\,(\mathrm{Log.}\,L' - \mathrm{Log.}\,L'') = \mathrm{Log.}\,B' - \mathrm{Log.}\,B'';\ \text{отсюда}$$

$$m = \frac{\mathrm{Log.}\,B' - \mathrm{Log.}\,B''}{\mathrm{Log.}\,L' - \mathrm{Log.}\,L''}$$

Также изъ уравненія $q = \frac{L'^m}{B'}$, получимъ

$$\mathrm{Log.}\,q = m.\,\mathrm{Log.}\,L' - \mathrm{Log.}\,B'.$$

Такимъ образомъ найдутся m, q и опредѣлится ширина $B = \frac{L^m}{q}$.

Вставляя въ это уравненіе численныя величины m и q, получимъ.

Для кораблей 3-хъ-дечныхъ $B = \frac{L^{0,9947}}{3,5734}$

Для кораблей 2-хъ-дечныхъ $B = \frac{L^{0,83920}}{1,5728}$

Для фрегатовъ $B = \frac{L^{0,8051}}{1,4063}$

Изъ уравненія $p = \frac{D^n}{L}$

имѣемъ $L = \frac{D^n}{p}$, откуда $L^m = \frac{D^{mn}}{p^m}$

Вставляя это выраженіе въ предъидущее уравненіе B, получимъ:

$$B = \frac{D^{mn}}{qp^m}$$

§ 150. Изъ § 147, $D = rLBH$. Вставляя вмѣсто L и B найденныя величины, зависящія отъ D, получимъ:

$$D = r\frac{D^n}{p}\frac{D^{mn}}{qp^m}.H = \frac{r.D^{n(m+1)}}{qp^{m+1}}H,$$

$$\text{откуда } H = \frac{qp^{m+1}D}{r.D^{n(m+1)}} = \frac{qp^{m+1}}{r}.D^{1-n(m+1)}.$$

Вставляя численныя величины m, n, r, p, q, будетъ $H = 0{,}0762D^{0{,}45}$

§ 151 Пусть s представляетъ отношеніе ширины судна къ длинѣ его, такъ, что

$$s = \frac{B}{L}, \text{ откуда } B = SL.$$

Вставляя въ уравненіе $D = r.LBH$, имѣемъ:

$$D = rsL^2H, \text{ откуда } H = \frac{D}{rsL^2}$$

Водоизмѣщеніе D извѣстно, L также, а для найденія r, s, есть таблица, какъ ниже увидимъ.

О главныхъ площадяхъ.

§ 152. Главными площадями называютъ площади грузовой ватерлиніи и мидель-шпангоута. Отъ величины ихъ наиболѣе зависятъ всѣ качества судна.

Для уменьшенія сопротивленія воды нужно площадь мидель-шпангоута уменьшать, но это вредитъ вмѣстительности и отчасти килевой качкѣ. Также, для остойчивости площадь грузовой ватерлиніи должна быть сколь можно болѣе, а боковая качка это увеличеніе ограничиваетъ; — какимъ образомъ поступать при столь различныхъ требованіяхъ, мы отчасти уже видѣли, разсматривая качества въ 1-мъ Отдѣленіи. Но какъ опредѣлить величину самыхъ площадей, удовлетворяющую всѣмъ качествамъ, этого теорія не рѣшила, а потому остается опять прибѣгнуть къ опытамъ.

Пусть $\frac{\mathfrak{M}}{BH} = t$, $\frac{W}{LB} = u$, гдѣ $\mathfrak{M}$ и W представляютъ площади мидель-шпангоута и грузовой ватерлиніи; будетъ:

$$\mathfrak{M} = t.BH, \quad W = u\ LB.$$

Главныя размѣренія уже извѣстны, остается только найти t, u, тогда $\mathfrak{M}$ и W опредѣлятся. Слѣдующая таблица показываетъ величины r, s, t, и для военныхъ судовъ отъ 120 пуш. кораблей до 10 пуш. бриговъ.

*

ТАБЛИЦА № 15.

		Рангъ.	r.	s.	u.	t.
Корабли:	3-хъ-дечные	120	0,668	Отъ 0,29 до 0,27.	0,930	0,835
		110	0,665		0,928	0,833
	2-хъ-дечные	100	0,650		0,926	0,831
		90	0,648		0,924	0,829
		80	0,600		0,920	0 ,82
		70	0,560		0,915	0,810
Фрегаты. .		60	0,542	Отъ 0,27 до 0,25.	0,895	0,790
		50	0,538		0,880	0,770
		40	0,530		0,860	0,740
		30	0,513		0,820	0,690
Бриги. . . .		20	0,482	Отъ 0,28 до 0,35.	0,750	0,600
		0	0,385		0,700	0,550

Эта таблица вычислена по лучшимъ судамъ Русскаго и Шведскаго флотовъ. Показанныя здѣсь величины *t*, *u* служатъ какъ бы мѣрою тѣхъ качествъ, кои зависятъ отъ площадей грузовой ватерлиніи и мидель-шпангоута.

Въ самомъ дѣлѣ, съ прибавленіемъ *t*, увеличивается площадь грузовой ватерлиніи и ос-

тойчивость, и съ уменьшенiемъ *u*, уменьшается площадь мидель-шпангоута и увеличивается качество скораго хода. Можно измѣнять то и другое, не перемѣняя водоизмѣщенiя и главныхъ размѣренiй. Впрочемъ излишнее увеличенiе площади грузовой противъ площади мидель-шпангоута нарушаетъ согласiе въ обводахъ судна, которое составляетъ главнѣйшiй источникъ скораго хода.

Обыкновенно площадь мидель-шпангоута бываетъ между $\frac{1}{13}$ и $\frac{1}{12}$ площади грузовой ватерлинiи.

Считаемъ не излишнимъ показать это отношенiе въ извѣстныхъ судахъ.

Рускаго флота.		Шведскаго флота.	
	Корабли:		
120 Храбрый .	0,1	120	0,102
84 Нетронь-меня	0,103	90	0,08
74 Смоленскъ .	0,106	80	0,098
	Фрегаты:		
52 Паллада .	0,092	52	0,096
44 Марiя . .	0,09	40	0,088

Имѣя отношенiе площади мидель-шпангоута къ грузовой ватерлинiи, мы легко можемъ опредѣлить глубину судна.

Пусть $\frac{\mathfrak{W}}{W} = v$; изъ предъидущаго §

$\mathfrak{W} = tBH$, $W = uLB$; отчего

$$\frac{tBH}{u.BL} = \frac{tH}{uL} = v, \text{ откуда}$$

$$\text{глубина } H = \frac{vuL}{tU}$$

§ 153. Обводъ мидель-шпангоута дѣлаютъ различно. Иные полагаютъ, что онъ долженъ быть сколь можно острѣе близъ киля. Напротивъ другіе предпочитаютъ такой обводъ, который имѣетъ полноту при килѣ.

Вотъ какъ Чапманъ доказывалъ превосходство обвода остраго близъ киля и полнаго около грузовой ватерлиніи:

Для сравненія онъ принялъ два линейные корабля, совершенно одинаковые величиною, но разнствующіе образованіемъ мидель-шпангоута. И для простоты, положилъ, что оба корабля имѣютъ видъ призмъ равной длины. Площади шпангоутовъ въ обѣихъ призмахъ равны, а обводы одной, при килѣ остры, а въ другой — полны.

Надводная часть въ обѣихъ призмахъ совершенно одинакова.

Каждая призма обременена двумя тяжестями, изъ коихъ одна, подъ водою, представляетъ грузъ въ трюмѣ и равна $\frac{2}{7}$ водоизмѣщенія, центръ тяжести ее совмѣщается съ центромъ величины. Другая тяжесть, выше грузовой, такъ положена, что общій

центръ тяжести подводнаго и надводнаго грузовъ совмѣщается съ центромъ тяжести призмы.

Ширина AB сѣченія призмы = 50 футовъ; глубина AJ = 20 фут.; EP средняя линія; EC = $\frac{1}{2}$ EJ, и ED = $\frac{1}{2}$ EK. Проведемъ AD, BD, чрезъ что образуется пространство ABCDA, которое назовемъ No 1. Черт. 39.

Возьмемъ AF = $\frac{1}{2}$ AJ, BG = $\frac{1}{2}$BK, и проведемъ EF, EG, отъ чего получится пространство ABGEFA, которое назовемъ No 2.

Площади сѣченій обѣихъ призмъ равны 750 кв. фут.

Изчисливъ положеніе центровъ обѣихъ призмъ, Чапманъ нашелъ, что моменты остойчивости:

въ тѣлѣ No 1	съ полнымъ грузомъ =	3750
	съ уменьшен. грузомъ =	2016
	разность	1734
въ тѣлѣ No 2	съ полнымъ грузомъ =	4275
	съ уменьшен. грузомъ =	3869
	разность	406

Отсюда видно, что судно образованное, какъ въ тѣлѣ No 1, имѣетъ моментъ остойчивости менѣе, нежели тѣло No 2, т. е. острѣе при килѣ; и что отъ уменьшенія подводнаго груза, послѣднее менѣе теряетъ остойчивости, нежели первое.

§ 154. Въ подтвержденіе этого доказатель-

ства Чапманъ приводитъ слѣдующіе примѣры:

1) Въ 1766 году построены два 24 пуш. фрегата *Троль* и *Шпренгпортенъ*; оба съ одинаковою полнотою близъ грузовой ватерлиніи. Они были превосходные ходоки, легки во всѣхъ движеніяхъ и имѣли весьма великую остойчивость.

2) Въ 1778 году, съ такимъ же образованіемъ мидель-шпангоута, построенъ 60 пуш. корабль *Ваза*; водоизмѣщеніе его было 69000 куб. футовъ; балластъ въ 1080 скипоновъ; нижняя батарея была возвышена отъ воды на 7 футовъ. Этотъ корабль былъ остойчивѣе всѣхъ кораблей флота, и при концѣ плаванія, когда глубина его убавилась на $\frac{3}{4}$ фута, остойчивость уменьшалась весьма мало. Напротивъ, 62 пуш. корабль *Фридрихъ-Адольфъ* имѣлъ водоизмѣщеніе въ 73200 куб. футовъ; 1900 скипоновъ *балласта*; порты отъ воды на $5\frac{3}{4}$ футовъ; но потому только, что мидель-шпангоутъ его образованъ полнымъ при килѣ; остойчивость его была менѣе, нежели на кораблѣ Ваза.

3) Между 1781 и 1785 годами построены десять 62 пуш. кораблей и десять 40 пуш. фрегатовъ.

Мидель-шпангоуты ихъ были полные близъ грузовой ватерлиніи и острые при ки-

лѣ; балласта содержали въ себѣ менѣе обыкновеннаго, и не смотря на то, они имѣли весьма твердую остойчивость и превосходную скорость хода.

Для подтвержденія того же, приводимъ въ примѣръ суда Русскаго флота:

Черноморскій 120 пуш. корабль *Варшава*, и Балтійскаго флота 74 пуш. *Фершампенуазъ* и 52 пуш. фрегатъ *Паллада*, имѣютъ образованіе мидель-шпангоутовъ острое при килѣ и полное при грузовой ватерлиніи. — Превосходныя качества этихъ судовъ вполнѣ доказываютъ пользу, происходящую отъ такого образованія.

§ 155. Съ перваго взгляда кажется, что когда обводъ мидель-шпангоута острый при килѣ, центръ величины будетъ ближе къ грузовой ватерлиніи противъ того, когда онъ при килѣ полонъ. Это справедливо будетъ только тогда, когда площади всѣхъ шпангоутовъ равны между собою (*). Но въ двухъкорабляхъ,имѣющихъ одинакое водоизмѣщеніе, тѣ же главныя размѣренія и различноеобразованіе мидель-шпангоутовъ можно сдѣлать такъ, что отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи будетъ то же. Потому, что можно образовать оба корабля по той же линіи горизонтальныхъ сѣченій и сдѣлать равными

(*) Какъ положено въ вышеприведенномъ доказательствѣ Чапмана.

площади соотвѣтственныхъ ватерлиній.

Впрочемъ острый мидель-шпангоутъ при килѣ имѣетъ другія важнѣйшія преимущества:

1) Онъ *доставляетъ прямостенность около грузовой ватерлиніи, необходимую для остойчивости и полезную для боковой качки* (*).

2) *Уменьшаетъ прямое сопротивленіе воды* (§ 80).

3) *Увеличиваетъ боковое сопротивленіе и препятствуетъ дрейфу.*

4) *Доставляетъ водѣ большую возможность дѣйствовать на руль.* —

Наконецъ 5) *Увеличиваетъ крѣпость судна.*

Всѣ эти заключенія доказаны теоріею и совершенно оправданы опытами.

Послѣ этого кажется можно заключить, что для доставленія судну желаемыхъ качествъ въ высшей степени, *гораздо полезнѣе дѣлать обводъ мидель-шпангоута острый при килѣ* (черт. 40) *и полный при грузовой ватерлиніи, нежели пополнять его близъ киля,* какъ въ черт. 41.

(*) Прямостенность около грузовой ватерлиніи увеличиваетъ водовзмѣщеніе послѣднихъ боковыхъ отсѣковъ, и доставляетъ возможность расположить грузъ далѣе отъ діаметральной плоскости; — все это вмѣстѣ много облегчаетъ боковую качку.

§ 156. Что касается до образованія грузовой ватерлиніи, то для остойчивости лучше полноту ея приближать къ срединѣ. Пусть ABDC и AFEGC представляютъ площади черт. 42. грузовыхъ ватерлиній, полнота обвода въ первой приближена къ срединѣ, а въ послѣдней распространена по всей длинѣ. Площ. AFH = площ. BEF, и площ. DEG = площ. CGK. Но какъ площади BEF и DEG находятся далѣе отъ оси AC, и потому моментъ инерціи ихъ отъ этой оси будетъ болѣе, нежели въ площадяхъ KFH и CGK; отъ этого и моментъ инерціи площ. ABDC болѣе момента инерціи площ. AFEGC.

Слѣдовательно при тѣхъ же обстоятельствахъ остойчивость судна, коего грузовая ABDC, будетъ болѣе остойчивости судна, коего обводъ грузовой ватерлиніи имѣетъ видъ AFEGC.

Для скорости хода полезнѣе распространять полноту грузовой ватерлиніи по всей длинѣ ея. Для легкаго восхожденія судна на валы полезно увеличивать, до нѣкоторой степени, водоизмѣщеніе оконечностей. — Постепенное распространеніе кривизны грузовой ватерлиніи много этому способствуетъ. Отъ того же уменьшается перегибъ судна.

Какая кривая линія можетъ лучше удовле-

творить такимъ требованіямъ— мы это увидимъ въ послѣдствіи.

Въ первомъ Отдѣленіи выведено отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи и высота метацентра въ зависимости отъ главныхъ размѣреній и площадей. Опредѣливъ послѣднія, мы въ состояніи будемъ найти всѣ элементы судна прежде сочиненія чертежа.

ГЛАВА XI.

О корсерахъ и грузовыхъ судахъ.

§ 157. Подъ именемъ корсеровъ разумѣются такія суда, которыя вообще назначаются для разъѣздовъ. Корсеръ во флотѣ то же, что партизанъ при арміи;—онъ долженъ быть силенъ, быстръ, увертливъ и легокъ, какъ птица.

Во время разъѣздовъ корсеры могутъ встрѣчать *линейные корабли*, которые всегда ихъ сильнѣе, и не имѣя возможности къ сопротивленію, должны обороняться быстротою бѣга. Для этого они должны хорошо носить паруса и въ высочайшей степени быть одаренными качествомъ скораго хода.

Кромѣ того, они встрѣчаются съ корсерами и фрегатами непріятельскими. Въ первомъ

случаѣ успѣхъ будетъ зависѣть отъ искусства управленія судномъ, ибо оба они имѣютъ одинаковое назначеніе. Но при встрѣчѣ съ Фрегатомъ, корсеръ не въ состояніи обороняться, и потому единственная его защита будетъ въ наибольшей скорости хода.

Корсеры могутъ быть раздѣлены на два рода — на большіе и малые. Первые должны быть отлично вооружены артиллеріею. Послѣдніе же, не имѣя возможности носить большой артиллеріи, сражаться могутъ только на абордажѣ, и потому единственная сила ихъ тогда будетъ состоять въ числѣ экипажа.

Впрочемъ на тѣхъ и на другихъ лучше имѣть малое число пушекъ большаго калибра, нежели увеличивать число ихъ, уменьшая величину. Это принесетъ выгоду не только по причинѣ сильнѣйшаго ихъ дѣйствія, но и доставитъ большую удобность въ расположеніи веселъ, составляющихъ необходимую принадлежность всякаго корсера, дабы въ случаѣ безвѣтрія имѣть возможность удаляться отъ многочисленнаго непріятеля.

Изъ всего сказаннаго слѣдуетъ, что остойчивость и самая большая скорость хода суть два главнѣйшія качества, коими каждый корсеръ одаренъ быть долженъ.

Вмѣстительность корсеровъ должна быть

достаточна для помѣщенія военныхъ снарядовъ и на малое время провизіи. Высоту надводной части ихъ должно дѣлать по возможности ниже, сохраняя однакожъ надлежащую высоту нижнихъ портовъ отъ воды.

§ 158. Объяснивъ качества, необходимыя для всякаго корсера, остается показать правила, какъ совмѣстить ихъ въ данномъ суднѣ.

Качества судна зависятъ отъ элементовъ. Мы уже замѣтили, что элементы могутъ быть найдены не иначе, какъ чрезъ приближеніе. Чтобы облегчить изысканіе ихъ при сочиненіи чертежей, покажемъ общія формулы, которыя родомъ, числомъ и помѣщеніемъ артиллеріи опредѣляютъ главные элементы всѣхъ корсеровъ, отъ фрегатовъ, до малыхъ яхтъ. Онѣ выведены на томъ основаніи, что въ большихъ корсерахъ должно увеличивать артиллерію, а въ малыхъ обращать большее вниманіе на число людей, которое должно составлять главную ихъ силу.

§ 159. Пусть D представляетъ водоизмѣщеніе какого либо корсера; B — вѣсъ оснастки съ парусностью; a — отстояніе центра тяжести этого вѣса отъ грузовой ватерлиніи; c — отстояніе центра тяжести пушекъ отъ той же линіи, полагая центръ тяжести каждой батареи на $\frac{1}{3}$ вышины порта отъ нижняго косяка; z — представляетъ шири-

ну судна; *y* — полуширину; *x* — длину судна между шпунтами стема и старнпоста; *d* — глубина на мидель-шпангоутѣ.

Всѣ нижеозначенныя формулы зависятъ отъ количествъ A, C, гдѣ A представляетъ вѣсъ артиллеріи съ военнымъ снарядомъ въ куб. футахъ (*); C — изображаетъ вѣсъ самыхъ орудій со станками въ куб. футахъ. Изъ предшедшей таблицы No 8 можно опредѣлить A и C, лишь бы число орудій было извѣстно.

Вѣсъ одного человѣка безъ амуниціи $= 2{,}1$ куб. фут., а съ амуниціей $= 3{,}4$ куб. фут. Провизіи, дровъ и проч. полагается 3 куб. фут. на одного человѣка въ мѣсяцъ.

Разсматривая элементы различныхъ корсеровъ, Чапманъ нашелъ, что число людей на корсерахъ . . . . $= 3{,}763\ A^{0,56}$

Вѣсъ людей съ амуниціей $= 12{,}8\ A^{0,56}$

Вѣсъ провизіи, дровъ и проч. на $к$ мѣсяцевъ

$$= 3.\ 3{,}763\ A.^{0,56}\ к = 11{,}289.\ к.\ A^{0,56}$$

Вѣсъ воды съ посудою на $\frac{1}{2}\ к$ мѣсяцевъ.

$$= 3{,}2.3{,}763\ A.^{0,56}\ \tfrac{1}{2}\ к = 6.\ к.\ A^{0,56}$$

(*) Вѣсъ кубическаго фута морской воды $= 72$ фун. или 1,8 пуд.; зная же вѣсъ одного куб. фута, можно легко найти вѣсъ нѣсколькихъ куб. футовъ, и въ этомъ смыслѣ принято вычислять вѣсъ куб. футами.

Вѣсъ провизіи и воды $= 17{,}3.\ \kappa\, A^{0,56} = r$.

Количество κ для корсеровъ полагается

$$\kappa = \frac{A^{0,286}}{2{,}756}$$

Вставляя величину κ въ уравненіе r, имѣемъ

$$r = 17{,}3\,\frac{A^{0,286}}{2{,}756}\,A^{0,56} = 6{,}29\,A^{0,846}$$

И такъ

Вѣсъ людей съ богажемъ . $= 12{,}8\,A^{0,56}$

Вѣсъ провизіи и воды . . $= 6{,}29\,A^{0,846}$

Вѣсъ артиллеріи . . . . . $=$ A

Сумма $= 12{,}8\,A^{0,56} + 6{,}29\,A^{0,846} + A = K$.

Водоизмѣщеніе $D = 6{,}84.\ c.^{0,25}\,K^{,866}$

Вѣсъ оснастки парусовъ и проч. $B = \frac{D^{1,05}}{6{,}281}$.

Отстояніе центра тяжести вѣса B отъ грузовой ватерлиніи:

$$a = \frac{D^{0,33}}{3{,}48}.$$

Вѣсъ всего экипажа

$= 2{,}1.\ 3{,}763.\ A^{0,56} = 7{,}9\ A^{0,56}$

Вѣсъ людей и пушекъ со станками

$= C + 7{,}9\ A^{0,56} = Q$.

Черт. 43. § 160. Пусть ADB представляетъ поперечное сѣченіе какого либо судна въ наклонномъ его *положеніи*; AB — грузовая ватерлинія; HD — діаметральная плоскость; G — центръ тяжести.

Положимъ, что въ точкѣ E находится какая либо тяжесть P, а въ точкѣ H — тяжесть N.

Дѣйствіемъ момента тяжести N отъ центра G, судно будетъ наклоняться, а отъ дѣйствія момента тяжести P судно будетъ приходить въ прямое положеніе. Но чтобы судно было остойчиво, моментъ силы P долженъ быть болѣе момента N, и разность ихъ была равна моменту остойчивости.

Если JH и GF представляютъ вертикальныя линіи, то моменты силъ P и N, отъ центра тяжести G, будутъ EF. P и GJ.N; разность ихъ EF.P — GJ.N равна моменту остойчивости.

Изъ подобія треугольниковъ HGJ и GEF имѣемъ JG : EF = GH : GE; откуда

$$EF.\ P - GJ.\ N = GE.P - GH.\ N.$$

Придавъ къ каждому члену послѣдней разности N.GE, имѣемъ:

$GE(P+N) - (GH+GE)N = GE(P+N) - HE.N =$ моменту остойчивости.

Полагая же, что P вѣсъ подводной части; N—вѣсъ надводной части,—будетъ $P+N=D$

$$\text{и } GE = \frac{\frac{2}{3}\int y^3 dx}{D} = \frac{\frac{2}{3}\int y^3 dx}{P+N}, \text{ откуда}$$

$(P+N)\ GE = \frac{2}{3}\int y^3 dx$; вставляя вмѣсто равныхъ равныя, получимъ:

моментъ остойчивости

$$=\frac{2}{3}\int y^3 dx - \text{HEN} \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

§ 161. Пусть m представляетъ разстояніе между центромъ величины и грузовою ватерлиніею; a — отстояніе центра тяжести оснастки и проч. отъ грузовой ватерлиніи; c — *отстояніе центра тяжести пушекъ* до той же линіи. Будетъ отстояніе центра тяжести вѣса B отъ центра величины $= m+a$. Моментъ оснастки парусовъ и проч. въ разсужденіи того же центра

$$=\text{B}(m+a).$$

Моментъ пушекъ и людей $=\text{Q}(m+c)$.

Полагая, что то точка E, — центръ величины, будетъ моментъ надводной части HE. $\text{N}=\text{B}(m+a)+\text{Q}(m+c)$; вставляя эту величину въ уравненіе (1), имѣемъ моментъ остойчивости

$$=\frac{2}{3}\int y^3 dx - \text{B}(m+a) - \text{Q}(m+c) \quad . \quad . \quad (2).$$

Въ корсерахъ метацентръ выше грузовой ватерлиніи долженъ быть не менѣе 6 футъ; слѣдовательно $m+6$ будетъ разстояніе между центромъ величины и метацентромъ. Полагая же центръ тяжести въ грузовой ватерлиніи 6D,— представитъ моментъ остойчивости.

Также извѣстно, что разстояніе между метацентромъ и центромъ величины

$$m+6 = \frac{\frac{2}{3}\int y^3 dx}{\text{D}}; \text{ откуда}$$

$\frac{2}{3}\int y^3dx = D(m+6)$, отъ чего уравненіе (1) превратится въ

$$(m+6)D-(m+a).B-(m+c).\,Q=6D;\ \text{отсюда}$$

$$m=\frac{aB+cQ}{D-(B+Q)}\ .$$

Это количество показываетъ намъ предѣлъ пониженія центра величины отъ грузовой ватерлиніи. Можно дѣлать m и болѣе, отъ того остойчивость увеличится, а менѣе не должно, ибо остойчивость уменьшится.

Остальные элементы получатся по слѣдующимъ формуламъ:

1). $(m+6)D=\frac{2}{3}\int y^3dx=\frac{z^3.\,x^{1,05}}{26}$

2). $z=\frac{x^{0,9}}{2,36}$, отсюда $(m+6)D=\frac{x^{3,75}}{341,8}$ и

длина корсера $x=\Big(341,8(m+6)D\Big)^{0,266}$

3). Площадь грузовой ватерлиніи $=\frac{zx^{1,0434}}{1,626}$

4). Площадь мидель-шпангоута $=\frac{2,366D}{x^{1,83}}$

5). Глубина $d=\frac{x}{10,5}$

6). Центръ тяжести балласта ниже грузовой ватерлиніи на количество $=\frac{x^{1,4}}{95}$

7). Вѣсъ балласта $=95\,\frac{1,11\Big((m+a)B+(m+c)Q\Big)-mD}{x^{1,4}-95m}$

8). Полагая центръ тяжести корсера въ

грузовой ватерлиніи, моментъ парусности будетъ $= \frac{35,56.6D}{x^{0,53}}$. Здѣсь принимаются въ разсужденіе только марсели, брамсели, кливеръ и форъ-стеньгъ-стаксель.

Должно замѣтить, что найденная длина x можетъ также измѣняться, зависимо отъ расположенія портовъ для пушекъ и для веселъ. Впрочемъ это измѣненіе недолжно быть велико, если желаемъ, чтобъ величина $\frac{2}{3}\int y^3 dx$ была постоянна.

Выше (§ 145) показаны разстоянія между портами для орудій различныхъ калибровъ. Здѣсь замѣтимъ только, что для помѣщенія въ одномъ промежуткѣ двухъ портовъ, для веселъ, это разстояніе ни въ какомъ случаѣ не должно быть менѣе 8-ми футъ.

Въ размѣщеніи крайнихъ портовъ можно слѣдовать правиламъ, показаннымъ въ § 144.

Теперь остается только показать окончательныя выгоды предъидущихъ вычисленій.

Формулы, опредѣляющія главные элементы корсеровъ.

§ 162. Вѣсъ артиллеріи, провизіи и воды $K = 12,8A^{0,56} + 6,29A^{0,846} + A$ куб. футовъ.

Водоизмѣщеніе, — $D = 6,84.\ c^{0,25}.\ K^{0,866}$;

Вѣсъ надводной части съ полнымъ воору-

женіемъ безъ артиллеріи $B = \frac{D^{1,05}}{6,281}$.

Отстояніе центра тяжести надводной части судна отъ грузовой ватерлиніи, — $a = \frac{D^{0,33}}{3,48}$.

Вѣсъ людей съ пушками, — $Q = 7,9A^{0,56} + C$.

Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи $m = \frac{aB - cQ}{D - (B + Q)}$.

Длина судна по грузовой ватерлиніи между шпунтами штевней $x = \left(341,8(m + 6,D)\right)^{0,266}$.

Ширина при грузовой ватерлиніи $z = \frac{x^{0,9}}{2,36}$.

Площадь грузовой ватерлиніи $= \frac{z x^{1,04}}{1,626} = W$.

Площадь мидель-шпангоута $= \frac{2,366D}{x^{1,83}} = \mathfrak{M}$.

Глубина $d = \frac{x}{10,5}$.

Число людей $M = 3,763.A^{0,56}$.

Число мѣс. для провизіи и проч. $k = \frac{A^{0,286}}{2,756}$.

Вѣсъ балласта $= 95.\frac{\left(1,11(m + a)B + (m + c)Q\right) - mD}{x^{1,4} - 95m}$.

Отстояніе центра тяжести балласта отъ грузовой ватерлиніи $= \frac{x^{1,4}}{95}$

Диферентъ $= \frac{x^{0,625}}{14,46}$

Итакъ если извѣстны количества A и C, то помощію сихъ формулъ можно опредѣлить всѣ элементы корсера. Что же касается до количества c, изображающаго отстояніе центра тяжести всѣхъ пушекъ до грузовой ватерлиніи, то пусть R и S представляютъ вѣсъ артиллеріи на двухъ палубахъ корсера; a и b — отстояніе центровъ тяжести ихъ отъ грузовой ватерлиніи.

Если e представляетъ высоту портовъ какой либо палубы отъ воды, и f высоту самыхъ портовъ, то $\frac{1}{3}f + e$ изобразитъ отстояніе центра тяжести пушекъ на палубѣ отъ грузовой ватерлиніи. Такимъ образомъ опредѣлятся величины a и b.

Взявъ сумму моментовъ артиллеріи на палубахъ, въ разсужденіи грузовой ватерлиніи, получаю моментъ тяжести всей артиллеріи въ разсужденіи грузовой ватерлиніи, такъ: $(R + S) = Ra + Sb$; посему отстояніе центра тяжести всей артиллеріи отъ грузовой ватерлиніи

$$c = \frac{Xa + Sb}{R + S}.$$

ТАБЛИЦА № 16,

въ коей показаны количества A, C и c, для 14 корсеровъ различной величины.

Родъ судовъ.	Пушки: 1-я баттарея опердекъ.		Пушки: 2-я баттарея бакъ и шканцы.		Высота портовъ отъ воды.	Вышина порта.	⅓ вышины порта.	Центръ тяжести нижней батар. отъ грузовой ватерлиніи.	Разстояніе между палубы.	Вѣсъ орудій нижней батареи.	Вѣсъ орудій верхней батареи.	Количество C.	Количество c.	Количество A.
No.	Число.	Калибр	Число.	Калибр.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Куб. фут.	Куб. фут.	Куб. фут.	Фут.	Куб. фут.
1	28	18	12	6	8,7	2,65	0,88	9,58	6,6	2273,6	360,0	2633,6	10,29	3390,4
2	26	18	10	6	7,2	2,65	0,88	8,08	6,5	2111,2	300,0	2411,2	8,69	3084,0
3	26	12	10	4	6,68	2,53	0,84	7,52	6,4	1206,4	208,0	1414,4	8,08	1854,8
4	24	12	8	4	6,18	2,53	0,84	7,02	6,3	1113,6	166,4	1280,0	7,47	1679,68
5	24	8	8	3	5,83	2,26	0,75	6,58	6,2	968,64	80,	1048,64	6,85	1399,84
6	22	8	—	—	5,67	2,26	0,75	6,42	—	887,92	—	887,92	6,19	1136,52
7	22	6	—	—	5,32	2,0	0,66	5,98	—	660,0	—	660,0	5,85	836,0
8	20	6	—	—	5,17	2,0	0,66	5,83	—	600,0	—	600,0	5,61	760,0
9	18	6	—	—	4,82	2,0	0,66	5,48	—	540,0	—	540,0	5,36	684,0
10	16	6	—	—	4,67	2,0	0,66	5,33	—	480,0	—	480,0	5,11	608,0
11	14	6	—	—	4,32	2,0	0,66	4,98	—	420,0	—	420,0	4,86	532,0
12	12	6	—	—	4,16	2,0	0,66	4,82	—	360,0	—	360,0	4,61	456,0
13	10	6	—	—	3,81	2,0	0,66	4,47	—	300,0	—	300,0	4,36	380,0
14	8	6	—	—	3,66	2,0	0,66	4,32	—	240,0	—	240,0	4,11	304,0

§ 163. Приложимъ найденныя формулы къ вычисленію.

Напримѣръ: пусть требуется опредѣлить элементы корсера, имѣющаго артиллерію:

	Число	
Въ нижней батареѣ	20 пуш.	24 фун.
На бакѣ и шканцахъ	8 —	18 —
На шкафутѣ	8 кар.	24 —

будетъ:

Вѣсъ артиллеріи съ принадлежностями:

На нижней батареѣ . .	5345 пуд.
На бакѣ и шканцахъ . .	1510 —
На шкафутахъ	896 —

Вѣсъ всей артиллеріи $= 7751$ пуд. $= 4306$ куб. ф. $= A$.

Вѣсъ пушекъ со станками:

На нижней батареѣ .	$212.20 = 4240$ пуд.
На бакѣ и шканцахъ	$146.8 = 1168,8$
На шкафутахъ . . .	$58.258 = 466,2$

5874 пуд. $= 3263 = C$

Вѣсъ артиллеріи, провизіи и воды:

$$K = 12,8\, A^{0,56} + 6,29\, A^{0,846} + A.$$

$\text{Log. } A = 3,63407.$ $\text{Log. } A = 3,63407$

$0,56$ $0,846$

$\text{Log. } A^{0,56} = 2,03508.$ $\text{Log. } A^{0,846} = 3,07442$

$\text{Log. } 12,8 = 1,10721.$ $\text{Log. } 6,29 = 0,79865$

$\text{Log. } 12,8 A^{0,56} = 3,14229.$ $\text{Log. } 6,29 A^{0,846} = 3,87307$

$12,8 A^{0.56} = 1388$ к. ф. $6,29\, A^{0,846} = 7306$

$12,8\, A^{0,56} = 1388$

$6,29\, A^{0,846} = 7306$

$A = 4306$

$K = 13160$ куб. ф.

Положимъ, что высота портовъ отъ воды на мидель-шпангоутѣ = 8 фут.

Высота порта нижней батареи = 8,88 ф. = a.

Разстояніе между палубами . = 7 ф.

Высота нижняго косяка отъ палубы . . . . = 2,3.

Разность = 4,7.

Высота нижняго косяка отъ палубы верхней батареи . . . = 2.

$\frac{1}{3}$ высоты порта . . . . . . = 0,8.

Отстояніе центра тяжести верхней батареи отъ нижняго косяка порта нижней палубы: = 7,5 фут.

Высота портовъ нижней батареи отъ воды . . . . = 8.

Отстояніе центра тяжести верхней батареи отъ грузовой ватерлиніи . . . . =15,6ф. = b.

Вѣсъ нижней батареи . . R = 5343.

Вѣсъ верхней батареи . . S = 2406.

R + S = 7751.

aR = 42118,6

bS = 37293,0

aR + bS = 79411,6

$\frac{aR + bS}{R + S} = 10{,}2 = c$ — отстояніе центра тяжести артиллеріи отъ грузовой ватерлиніи.

Водоизмѣщеніе $D = 6,84 . c.^{0,25} K^{0,866}$.

Вѣсъ надводной части $B = \frac{D^{1,05}}{6,281}$.

$\text{Log. } 6,84 = 0,83506$
$\text{Log. } c^{0,25} = 0,30213$
$\text{Log. } K^{0,866} = 3,56727$
$\text{Log. } D = 4,70448$
$D = 50640^{\text{куб. ж.}}$

$\text{Log. } D^{1,05} = 4,93970$
$\text{Log. } 6,281 = 0,79803$
$\text{Log. } B = 4,14167$
$B = 14180^{\text{куб. ж.}}$

Отстояніе центра тяжести надводной части отъ грузовой ватерлиніи... $a = \frac{D^{0,33}}{3,48}$.

$\text{Log. } D^{0,33} = 1,55247$
$\text{Log. } 3,48 = 0,54185$
$\text{Log. } a = 1,01062; \; a = 10,25.$

Вѣсъ людей и пушекъ со станками;

$$Q = 7,9 . A^{0,56} + C.$$

$\text{Log. } A^{0,56} = 2,03507$
$\text{Log. } 7,9 = 0,89763$
$\text{Log. } 7,9 A^{0,56} = 2,93270$
$79, A^{0,56} = 856,4$
$C = 3363.$
$Q = 4119,4$

Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи

$$m = \frac{aB + cQ}{D - (B + Q)}.$$

Log. B = 4,14167. Log. C = 1,00860 $aB = 142000$

Log. a = 1,01062. Log. Q = 3,61479 $cQ = 42044$

Log. aB=5,15229. Log. cQ=4,62339. $aB+cQ$=184044

$B = 14180$ $D = 50640$

$Q = 44119$ $B + Q = 18299$

$B + Q = 18299$ $D - (B + Q) = 31341$

$$m = 5{,}8.$$

Длина по грузовой ватерливіи $L = \left(341{,}8(m+6)D\right)^{0{,}266}$

Log. 341,8=2,53377 Log.$\left(341{,}8(m+6)D\right)^{0{,}266}$=2,10494

Log.$(m+6)$=1,07188 $L = 164{,}0$

Log. D = 4,70448

8,31013

Наибольшая ширина при грузовой ватерлиніи:

$$B = \frac{L^{0{,}9}}{2{,}36} = 41{,}36.$$

Глубина на мидель-шпангоутѣ $H = \frac{E}{10{,}5} = 15{,}6$

Площ. грузовой ватерлиніи $W = \frac{BL^{1{,}04}}{1{,}626} = 5066.$

Площ. мидель-шпангоута $\mathfrak{M} = \frac{2{,}366\ D}{L^{0{,}083}} = 483{,}6.$

Число людей ..... $M = 3{,}763\ A^{0{,}56} = 410.$

Число мѣсяцевъ для провизіи, дровъ и проч. $e = \frac{A^{0{,}286}}{L^{0{,}083}} = 6{,}1.$

Число мѣсяцевъ для воды $\frac{1}{2}e = f = 3.$

§ 164. Въ выраженіи $e = \frac{A^{0,286}}{L^{0,083}}$, количество A, — вѣсъ артиллеріи входитъ въ числителѣ, слѣдовательно число мѣсяцевъ, на которые отпускается провизія и вода, будетъ увеличиваться при большей артиллеріи, а при малой — уменьшаться.

Но въ таковыхъ судахъ, каковы корсеры, должно все жертвовать качеству скораго хода, которое требуетъ уменьшенія водоизмѣщенія до послѣдней крайности.

Уменьшить водоизмѣщеніе можно двоякимъ образомъ: 1) уменьшая вѣсъ артиллеріи, а слѣдовательно и силу судна; 2) уменьшая время плаванія судна или число мѣсяцевъ, на которое отпускается провизія. Но какъ для корсера военная сила столь же нужна, какъ и скорость хода, то уменьшать артиллерію невыгодно, ибо уменьшится сила судна, и потому для уменьшенія водоизмѣщенія ничего не остается болѣе, какъ уменьшить число мѣсяцевъ, на которые берется провизія и вода. Для опредѣленія водоизмѣщенія D корсера, сообразно послѣднему условію, можно употребить формулу, показанную въ § 16, для водоизмѣщенія корветовъ, въ которую стóитъ только вставить желаемыя величины e, f.

О коммерческихъ или грузовыхъ судахъ.

§ 165. Коммерческія суда назначаются для перевоза различнаго рода груза изъ одной *страны въ другую. По мѣсту плаванія* ихъ можно раздѣлить, также, на *мореходныя* и *рѣчныя*.

Въ построеніи своемъ какъ тѣ, такъ и другія, чрезвычайно разнообразны, особенно послѣднія; это зависитъ отъ продолжительности плаванія пространства глубины водъ и другихъ мѣстныхъ обстоятельствъ.

Главныя правила образованія тѣ же, какъ въ военныхъ, такъ и въ купеческихъ судахъ, но послѣднія имѣютъ нѣкоторыя особенности. *Для военнаго судна водоизмѣщеніе* предполагается одинаково во всякое время плаванія, и всѣ условія качествъ опредѣляются для единственнаго только положенія. Напротивъ того, въ купеческомъ суднѣ, въ разныя времена, перемѣняется какъ родъ, такъ и вѣсъ груза. Англійскій Остъ-индскій корабль, при отправленіи, углубляется на два фута болѣе, нежели на возвратномъ пути. Въ нѣкоторыхъ купеческихъ судахъ разность въ углубленіяхъ измѣняется даже до 6-ти футовъ.

Не смотря на столь невыгодныя положе-

нія купеческихъ судовъ, они бываютъ подвержены жестокостямъ вѣтра и волнъ, одинаковымъ съ судами военными. И если же послѣднія, при ихъ выгоднѣйшемъ положеніи, столь много терпятъ отъ враждующихъ силъ моря, то очевидно, что первыя уже весьма далеки будутъ отъ того, чтобы сохранять во всякое время удобность и безопасность плаванія, особенно же, когда они образованы безъ надлежащихъ соображеній.

Все это показываетъ, сколь трудно образовать купеческій корабль, удовлетворяющій условіямъ качествъ и въ то же время соотвѣтствующій потребностямъ торговли. Но не смотря на всѣ препятствія, должно уменьшать ихъ до невозможности.

§ 166. Главнѣйшій недостатокъ купеческихъ судовъ происходитъ отъ излишней вмѣстительности, которую увеличиваютъ для того, чтобъ судно могло носить болѣе груза. Но качество скораго хода и остойчивость столько же важны и еще болѣе. Отъ увеличенія ихъ, съ малымъ пожертвованіемъ вмѣстительности, суда подвергнутся меньшей опасности; и хотя менѣе будутъ носить груза, но ранѣе могутъ поспѣвать къ мѣсту сбыта товаровъ, и скорѣе возвращать хозяевамъ ихъ капиталы.

Другой недостатокъ мореходныхъ купече-

скихъ судовъ состоитъ въ томъ, что они слишкомъ коротки, узки въ отношенiи къ вмѣстительности и весьма глубоко сидятъ въ водѣ. Причиною такой *несоразмѣрности* отчасти бываетъ недостаточное количество *матерiяловъ, отъ излишней* экономiи хозяина, или отъ какихъ либо другихъ обстоятельствъ. Болѣе же всего къ тому прибѣгаютъ для уменьшенiя пошлины, которая собирается по числу тонновъ груза.

При вычисленiи этихъ тонновъ, употребляется весьма ошибочное правило, въ которомъ принимаютъ въ соображенiе только длину и ширину судна, а глубину оставляютъ *безъ всякаго вниманiя. И конечно плата* пошлины будетъ менѣе въ томъ суднѣ, у котораго менѣе длина и ширина.

Такое неудобство можетъ быть уничтожено, когда на каждомъ купеческомъ суднѣ будетъ правильный грузовой размѣръ, по которому безъ всякихъ вычисленiй можно узнать истинный грузъ, въ суднѣ находящiйся. На такомъ размѣрѣ должно быть назначено углубленiе судна порожняго, съ оснасткою парусами, провизiею, и другими *необходимыми для плаванiя принадлежностями.* Отсѣкъ судна, заключенный между ватерлиniею, показывающею это углубленiе, и грузовою,

покажетъ количество груза, который въ корабле находится.

Еще препятствіе къ улучшенію купеческихъ судовъ представляетъ увеличеніе издержекъ, необходимое съ построеніемъ прочнаго судна, удовлетворяющаго цели плаванія. Но если примемъ въ разсужденіе, что плаваніе на хорошемъ судне удобнее и безопаснее, и что прочное судно можетъ прослужить гораздо более съ большимъ успехомъ: то кажется, что выгоднее будетъ издержать лишнее на построеніе судна, только чтобъ сделать его лучше. Во множестве случающихся кораблекрушеній считаютъ, что на 10 погибшихъ судовъ, одно только военное, а 9 купеческихъ; а все отъ малаго числа людей для управленія купеческаго судна отъ недостатка прочности, а вообще отъ излишней экономіи судохозяевъ, которые, жалея несколько сотъ рублей лишнихъ на построеніе судна, иногда теряютъ целые милліоны.

По всемъ таковымъ причинамъ видно, что средства къ улучшенію купеческихъ судовъ не невозможны, и это отчасти уже доказано опытомъ. Лучшія коммерческія суда въ Америке и въ Швеціи; въ нихъ съ вместительностію соединены скорый ходъ и остойчивость. Суда же Англійскаго коммерческаго флота далеко отстали отъ Американскихъ; а отъ

того вмѣстительность ихъ слишкомъ велика.

Что *касается* до рѣчныхъ купеческихъ судовъ, то они не требуютъ строгаго совмѣщенія качествъ; размѣренія ихъ ограничиваются шириною и глубиною рѣкъ, по которымъ они должны плавать, и другими мѣстными удобностями. Они не требуютъ столь крѣпкой постройки, какъ мореходныя суда, и потому можно ихъ дѣлать легче, чрезъ что доставится выгода другимъ качествамъ.

§ 167. Опыты показали, что всякое коммерческое судно должно имѣть слѣдующія качества:

1). Носить сколь можно бóльшій грузъ въ сравненіи съ ихъ величиною.

2). Въ полномъ грузу имѣть качества *скораго хода* и *малаго дрейфа*.

3). Имѣть сколь можно менѣе людей для управленія въ разсужденіи груза судна.

4). Имѣть способность плавать безопасно безъ полнаго груза и даже съ однимъ балластомъ.

Для доставленія судну возможности носить большій грузъ, относительно величины судна, нужно увеличивать ширину въ *разсужденіи длины*.

Для качества скораго хода должно увеличивать *моментъ остойчивости*, дабы чрезъ то доставить судну возможность носить боль-

шую парусность. Обводы шпангоутовъ дѣлать полнѣе при грузовой ватерлиніи и сколь можно съуживать при килѣ. Такія суда, по значительной величинѣ парусности и вѣсу якорей, требуютъ многочисленнаго экипажа для управленія.

Чтобъ судно могло безопасно ходить и недогруженное, надобно дѣлать полнѣе спусковую ватерлинію, увеличивать ширину противъ длины и уменьшать высоту надводной части. Такое судно, въ полномъ грузѣ, тогда только будетъ имѣть хорошія качества, когда получитъ великую парусность, а вмѣстѣ съ тѣмъ и большее число людей для управленія.

Для плаванія судна съ малымъ числомъ людей, въ отношеніи къ его грузу, должно уменьшать парусность и дѣлать менѣе ширину судна противъ длины.

Отсюда видимъ, что качества, необходимыя для купеческаго судна, требуютъ совершенно различныхъ образованій его поверхности, и нельзя, чтобъ каждое изъ нихъ могло существовать въ самой высшей степени. Но при сочиненіи чертежа должно имѣть въ виду всѣ качества и не упускать нималѣйшей возможности усилить каждое изъ нихъ хотя до нѣкоторой степени.

§ 168. Нижеслѣдующая таблица, No 17, по-

казываетъ общія правила для опредѣленія главныхъ элементовъ коммерческихъ судовъ. Въ ней показаны суда четырехъ разрядовъ.

Первыя, извѣстныя подъ именемъ фрегатовъ, для какихъ либо непріятельскихъ дѣйствій во время плаванія, имѣютъ пушки. Сюда принадлежатъ купеческія суда, употребляемыя *для дальнихъ плаваній, и всѣ большіе* военные транспорты. Такого рода суда должны быть одарены качествомъ скораго хода, и, по значительному числу людей, потребныхъ для артиллеріи, могутъ носить большую парусность.

Такъ какъ съ постановленіемъ пушекъ увеличивается вѣсъ надводной части тѣхъ судовъ, то для доставленія имъ потребной остойчивости, нужно увеличивать длину, ширину ихъ и площадь грузовой ватерлиніи въ *разсужденіи водоизмѣщенія.*

Третьяго рода — суда, подъ именемъ лихтеровъ или барокъ, имѣютъ малое число пушекъ, строются только для торговли; предметъ ихъ носить наибольшій грузъ съ малымъ числомъ людей.

Втораго рода — суда, называемыя пинки и гекъ-боты, въ разсужденіи качествъ, имѣютъ средину между судами перваго и третьяго рода. Четвертаго рода — суда плоскодонныя, имѣютъ качества судовъ третьяго рода.

ТАБЛИЦА № 17.

ЭЛЕМЕНТЫ СУДОВЪ ГРУЗОВЫХЪ.

		Фрегаты.	Гекботы или пинки.	Лихтеры.	Суда плоскодонныя.
Грузъ въ ластахъ (*)	P	$D^{0,94}$	$D^{0,95}$	$D^{0,954}$	$D^{0,951}$
Водоизмѣщеніе безъ обшивки, въ кубич. футахъ .	D	$P^{1,058}$	$P^{1,052}$	$P^{1,047}$	$\frac{P^{1,017}}{1,07}$
Длина между шпунтами штевней	L	$(56\ D)^{0,33}$	$(54\ D)^{0,33}$	$(52\ D)^{0,33}$	$(63\ D)^{0,33}$
Наибольшая ширина грузовой безъ обшивки . .	B	$\frac{L^{0,8}}{1,383}$	$\frac{L^{0,8}}{1,429}$	$\frac{L^{0,8}}{1,476}$	$\frac{L^{0,8}}{1,6}$
Глубина отъ верхней кромки шпунта	H	$\frac{L}{8,1}$	$\frac{L^{1-\frac{1}{60}}}{1,429}$	$\frac{L^{1-\frac{1}{30}}}{7,032}$	$\frac{L^{1-\frac{1}{10}}}{6,436}$
Площадь мидель-шпангоута	⊗	$\frac{1,705D}{L^{1,025}}$	$\frac{1,729D}{L^{1,036}}$	$\frac{1,76D}{L^{1,05}}$	$\frac{2,1\ D}{L^{1,1}}$
Высота киля	k	$\frac{L^{0,4}}{4,64}$	$\frac{L^{0,45}}{5,66}$	$\frac{L^{0,5}}{8,4}$	$\frac{L^{0,5}}{9,8}$
Диферентъ	d	$\frac{L^{0,75}}{23,3}$	$\frac{L^{1,66}}{17,5}$	$\frac{L^{0,66}}{18,8}$	$\frac{L^{0,66}}{24}$
Площадь грузовой ватерлиніи	W	$\frac{BL^{1,033}}{1,49}$	$\frac{BL^{1,041}}{1,5}$	$\frac{BL^{1,05}}{1,5}$	$\frac{BL^{1,033}}{1,4}$
Центръ величины ниже грузовой	g	$\frac{L^{1,166}}{48}$	$\frac{L^{1,157}}{45,54}$	$\frac{L^{1,15}}{43,2}$	$\frac{L}{26}$
Метацентръ отъ центра величины	e	$\frac{L^{0,5}}{1,289}$	$\frac{L^{0,525}}{1,651}$	$\frac{L^{0,555}}{2,147}$	$\frac{L^{0,5}}{1,341}$
Центръ тяжести ниже грузовой	t	$0,25\ g$	$0,286\ g$	$0,33\ g$	$0,2\ g$
Метацентръ отъ центра тяжести	—	$e-)g-t)$	$e-(g-t)$	$e-(g-t)$	$e-(g-t)$
Моментъ остойчивости	M	$\frac{L^3}{56}\left(e-(g-t)\right)$	$\frac{L^3}{54}\left(e-(g-t)\right)$	$\frac{L^3}{52}\left(e-(g-t)\right)$	$\frac{L^3}{63}\left(e-(g-t)\right)$

(*) Одинъ ластъ равновѣситъ 91 кубич. фут. воды.

ГЛАВА XII.

О пароходахъ.

§ 169. *Пароходами* или *Паровыми судами* называютъ тѣ, которыя приводятся въ движеніе посредствомъ паровыхъ машинъ.

Употребленіе пароходовъ приноситъ великую пользу; во многихъ случаяхъ они могутъ быть употребляемы лучше, нежели суда парусныя. Они способны ходить во время штилей и при противномъ вѣтрѣ, слѣдовательно плаваніе ихъ, при надлежащей исправности машины, ничѣмъ не замедляемое, всегда будетъ успѣшнѣе.

Особенно важно употребленіе пароходовъ по рѣкамъ, гдѣ они служатъ для перевоза пассажировъ и различныхъ товаровъ, и доставляютъ великія выгоды торговли.

При военномъ флотѣ пароходы могутъ служить вмѣсто батарей для защиты береговъ, для доставленія десанта, для конвоированія и т. п.; во время сраженія могутъ выводить изъ линіи поврежденныя суда. — Все это они исполняютъ съ большимъ успѣхомъ, нежели суда парусныя, для того же назначаемыя.

Качества пароходовъ, какъ военныхъ, такъ и купеческихъ, зависятъ отъ мѣста ихъ плаванія. По этому какъ тѣ, такъ и другія,

можно раздѣлить на *мореходныя*, *прибрежныя* и *рѣчныя*.

§ 170. Главныя правила, на которыхъ основано образованіе пароходовъ, суть тѣ же, что и *для* судовъ парусныхъ, исключая только нѣкоторыя особенности, собственно имъ принадлежащія.

Удобность движенія парохода зависитъ главнѣйше отъ лучшаго устроенія машины и ея исправности. А при этомъ нужно, чтобъ онъ: 1) отъ дѣйствія движущей силы получалъ наибольшую скорость, и 2) во время плаванія постоянно сохранялъ прямое свое положеніе, въ которомъ діаметральная плоскость вертикальна. Послѣднее качество въ особенности важно потому, что при наклоненіи парохода на бокъ, колеса съ одной стороны много углубляются, а съ другой возвышаются изъ воды; — что уменьшаетъ ихъ дѣйствіе и замедляетъ скорость хода.

Обращаясь къ выводамъ 1-го Отдѣленія, видимъ, что лучшее образованіе для доставленія такихъ качествъ будетъ полное близъ грузовой ватерлиніи и острое при килѣ. Впрочемъ излишняя острота флортимберса можетъ принести вредъ, потому, что тогда возвысится центръ тяжести машины, отъ чего остойчивость можетъ уменьшиться.

Для уменьшенія сопротивленія воды на подводную часть, уменьшаютъ ширину судна и площадь мидель-шпангоута; но чтобы въ то же время соблюсти должную остойчивость, нужно дѣлать полнѣе, площади, грузовой и близкихъ къ ней ватерлиній.

На морѣ взволнованномъ пароходы подвергаются гораздо большему вреду, нежели суда парусныя. Это происходитъ отъ жестокаго дѣйствія волнъ на колеса, замедляющаго ходъ судна и приносящаго особенный вредъ самой машинѣ, разрушая правильность ея движенія.

Нынѣ надводная часть, въ томъ мѣстѣ, гдѣ колеса, идетъ вертикально до самаго верха. Впереди же и сзади колесъ, для предохраненія ихъ отъ вліянія волнъ, дѣлается расширеніе шпангоутовъ отъ грузовой ватерлиніи къ верху, такъ, что ширина палубы болѣе ширины грузовой около $\frac{1}{3}$. Такое расширеніе надводной части, впереди и сзади колесъ, принято въ построеніи всѣхъ новѣйшихъ пароходовъ и въ особенности мореходныхъ.

Рѣчные пароходы вообще бываютъ плоскодонны; иные изъ нихъ имѣютъ видъ ящиковъ, немного закругленныхъ. Для уменьшенія сопротивленія воды, должно облегчать вѣсъ ихъ, дѣлая наборъ изъ сосны.

§ 171. Главныя размѣренія пароходовъ зависятъ болѣе или менѣе отъ мѣста плаванія и помѣщенія самой машины.

Въ старыхъ пароходахъ весьма много уменьшали ширину противъ длины, въ подражаніе галерамъ. Такое уменьшеніе особенно полезно для плаванія въ узкихъ рѣкахъ и каналахъ, ибо извѣстно, что сопротивленіе воды въ узкихъ мѣстахъ бываетъ болѣе, нежели въ открытомъ морѣ. Итакъ въ рѣчныхъ пароходахъ ширина должна быть менѣе въ отношеніи къ длинѣ, нежели въ мореходныхъ.

Самая длина рѣчныхъ пароходовъ опредѣляется еще тѣмъ условіемъ, чтобъ они могли удобно поворотиться, въ чемъ иногда бывали затрудненія.

Нѣтъ необходимости дѣлать глубину мореходныхъ пароходовъ столь великую, какъ въ судахъ парусныхъ того же водоизмѣщенія; великая длина ихъ противъ ширины доставляетъ возможность всегда держаться въ морѣ. Въ случаѣ же недостатка послѣдняго качества, можно, не прибавляя глубины, сдѣлать болѣе высоту киля: отъ того увеличится боковое сопротивленіе, и дрейфъ уменьшится.

Въ прибрежныхъ и рѣчныхъ пароходахъ глубина ограничивается мѣлководіемъ тѣхъ мѣстъ, гдѣ имъ должно плавать.

Отношеніе ширины къ длинѣ въ рѣчныхъ пароходахъ можетъ быть отъ 0,107 до 0,15, а въ мореходныхъ отъ 0,18 до 0,26.

Слѣдующая таблица показываетъ главныя размѣренія и водоизмѣщеніе нѣкоторыхъ Русскихъ и Англійскихъ пароходовъ.

ТАБЛИЦА № 18.

Мореходные Русскіе:	D.	L. (*)	B.	H.	Глубина трюма.	Сила машин.
	Тон.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	
Богатырь . . .	1342½	186,28	52,760	12,54	22,7	260
Геркулесъ . . .	823,25	175	321,0	9,5	17,0	200
Англійскіе:						
	Тон.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.
Соединенное - Королевство . . .	561	175	45,5	9,7	18,0	260
Величественный .	270	144	39	7,5	19	100
Прибрежные:						
	Тон.					
Нева	202	112	20	7	12,9	90
Александрія . .	209	117	20	5	12,9	90
Мирный . . .	185,8	120	22	5	11,2	40

§ 172. Весьма важно, чтобы пароходъ получилъ ту самую глубину, которая означена на чертежѣ; отъ этого зависитъ сила машины и скорость судна. Малѣйшее отступ-

(*) Длина по палубѣ.

леніе въ глубинѣ судна противъ чертежа имѣетъ большое вліяніе на дѣйствіе и силу лопастей.—Высота осей такъ приноравливается, чтобы скорость лопастей по меньшей мѣрѣ была равна скорости судна. Чѣмъ болѣе углубленіе лопасти, тѣмъ болѣе встрѣтитъ она сопротивленія и менѣе будетъ ея скорость. На практикѣ найдено, что лопасть не можетъ дѣйствовать надлежащимъ образомъ, если погрузится въ воду болѣе 18-ти дюймовъ. Такое неудобство причиняетъ потеря скорости, происходящая отъ наклонности удара при входѣ и выходѣ изъ воды, также и отъ большаго количества поднимаемой воды. Бернулій замѣчаетъ, что такая потеря силы для обыкновеннаго весла бываетъ 0,297 отъ всей прилагаемой силы.

§ 173. Глубина трюма или разстояніе отъ верхней палубы до кильсона зависитъ отъ устройства машины: кильсоны, на которыхъ помѣщаютъ машину, должны имѣть такую толщину, чтобы коромысла при ходѣ своемъ не могли доставать обшивки дна. Высота палубы отъ кильсона опредѣляется положеніемъ оси колесъ, которая по большой части полагается на нѣсколько дюймовъ ниже палубы. Изъ этого видно, что глубина судна по грузовую нѣкоторымъ образомъ опредѣляется размѣреніемъ самой машины, т. е.

когда къ высотѣ оси колесъ надъ кильсономъ придать отстояніе отъ верхней кромки кильсона до киля и изъ суммы вычесть длину радіуса колеса, уменьшеннаго углубленіемъ лопасти, разность покажетъ надлежащую высоту грузовой ватерлиніи отъ верхней кромки киля. Обыкновенно за глубину трюма принимаютъ отъ 0,6 до 0,7 наибольшей ширины при грузовой ватерлиніи.

Въ пароходахъ, строенныхъ для торговли, глубина трюма обыкновенно равна половинѣ ширины; — значитъ менѣе, нежели въ военныхъ,—это дѣлаютъ съ тѣмъ, чтобы представить дѣйствію вѣтра не столь высокую надводную часть. Но отъ этого происходятъ другія неудобства: — лопасти получаютъ большее углубленіе, и бимсы, находясь близко къ котламъ, могутъ загорѣться.

§ 174. Приличная глубина, имѣющая столь великое вліяніе на дѣйствіе машины, зависитъ главнѣйше отъ водоизмѣщенія. И потому, при сочиненіи чертежа пароходу, должно весьма вѣрно опредѣлить вѣсъ всѣхъ частей груза, входящихъ въ составъ парохода, вполнѣ укомплектованнаго.

Полный вѣсъ военнаго парохода составляютъ слѣдующія вещи:

1) Вѣсъ порожняго кузова около 0,4 всего водоизмѣщенія.

2) Вѣсъ механизма съ колесами, трубою и котла съ водою зависитъ отъ силы машины. Для опредѣленія его полагаютъ отъ $\frac{3}{4}$ до 1-го тонна, или отъ 45 до 60 пуд. на каждую силу лошади. Для малыхъ пароходовъ принимаютъ обыкновенно около одного тонна, а на большихъ около 45 и даже 30 пудовъ на каждую силу. Если h представляетъ число силъ, то вѣсъ машины военнаго мореходнаго парохода среднимъ числомъ будетъ около 58 h.

Вѣсъ машины съ принадлежностями:

На пароходѣ Геркулесъ, силою въ 200 лошад.

Двѣ паровыя машины . . .	2300 пудовъ.
Котелъ съ трубою	2800 ———
Въ котлѣ воды	2400 ———
Гребные колесы	800 ———
Колесники чугунные . . .	150 ———
И того =	8450 ———

Пароходъ силою въ 70 лошадей.

Машины съ гребными колесами	1700 ———
Котелъ	1800 ———
Въ котлѣ воды	800 ———
И того =	4300 ———

Пароходъ силою въ 40 лошадей.

Машины съ гребными колесами	1600 ———
Котелъ съ водою.	1500 ———
И того =	3100 ———

3) Уголь на пароходахъ употребляется двухъ родовъ: мѣлкій и крупный.

Мѣлкаго угля издерживается среднимъ числомъ около 20 фунтовъ въ часъ на силу каждой лошади, а крупнаго около 15 фунтовъ. Или въ сутки на силу одной лошади:

Угля мѣлкаго Нюкастельскаго около 12 пуд.

Угля крупнаго Шотландскаго около 9 пудовъ.

Полагаютъ, что крупное уголье употреблять выгоднѣе; причины тому слѣдующія:

a.) Крупнаго угля пароходъ можетъ вмѣстить большее количество и на большее время.

b.) Рабочіе люди, имѣющіе присмотръ за огнемъ, избавляются многихъ трудовъ: ибо крупный уголь не прилипаетъ къ печнымъ колесникамъ и не требуетъ, чтобъ его безпрестанно шевелили.

c.) Работа и нечистота при выбрасываніи золы за бортъ весьма уменьшается: ибо мѣлкій уголь даетъ золы въ 30 разъ болѣе, нежели крупный.

d.) Опытами доказано, что 24 пуда крупнаго угля равняются въ дѣйствіи 41 пуду мѣлкаго. Сверхъ того при крупномъ углѣ пары бываютъ гораздо обильнѣе и самый ходъ можетъ быть скорѣе.

4) Вѣсъ артиллеріи съ 6-ти-мѣсячнымъ запасомъ огнестрѣльнаго снаряда = А.

На большихъ военныхъ пароходахъ вводятся въ употребленіе единороги и бомбовыя пушки. Не полагаемъ лишнимъ привести здѣсь исчисленіе вѣса этихъ орудій съ принадлежностями.

ТАБЛИЦА № 19.

Вѣсъ единороговъ съ принадлежностями.

	Пудовый.	½ пудовый.
	Пуд.	Пуд.
Вѣсъ орудія	164	88
—— станка	35	25
—— принадлежнос. и такелажа	15	12
—— пороха и огнестрѣльныхъ снарядовъ	30	12
—— 75-ти ядеръ	112,5	56,5
—— 25-ти бомбъ	23,75	12
—— 5-ти бранскугелей . .	4,25	2,5
—— 20-ти картечей.	24	10,5
	Пуд.	Пуд.
ВСЕГО . .	408,5	220

ТАБЛИЦА № 20.

Вѣсъ бомбовой пушки съ принадлежностями.

	2-хъ-пудовыя.
Вѣсъ орудія въ пудахъ	286,5
—— станка	123
—— принадлежностей	2,5
—— пороха	30
—— 120-ти бомбъ	231
—— 20-ти картечей	47
ВСЕГО . .	Пуд. 720
Вѣсъ 3-хъ-пудовой бомбовой пушки около	1000

5) Число людей при артиллеріи найдется по правиламъ § 24; вѣсъ ихъ, вѣсъ провизіи и воды на одинъ мѣсяцъ для каждаго человѣка показанъ въ § 6.

6) Вѣсъ рангоута, якорей съ канатами, гребныхъ судовъ — около 0,1 отъ вѣса порожняго корпуса.

И такъ:

Вѣсъ порожняго корпуса $k = 0,4D$.

—— механизма . . . $= 58h$.

—— угля крупнаго въ сутки $9h$, а на e сутокъ $= 9eh$.

Вѣсъ артиллеріи . . . . = A.
—— балласта . , . . = Q.
—— провизіи на мѣсяцъ
на весь экипажъ . , = 5,2M.
—— воды съ посудой . . = 5,8M.
—— людей съ богажемъ . = 6,1M.
—— рангоута и проч. около = 0,1K = 0,04D.

Будетъ:

$D = 0{,}44D + (58 + 9e)\,h + 17{,}1M + A + Q$; или

$0{,}56D = 17{,}1M + (58 + 9e)\,h + A + Q$, и

$$D = 1{,}78\,(17M + (58 + 9e)\,h + A + Q.$$

Вотъ формула, по которой можно опредѣлить водоизмѣщеніе всякаго военнаго парохода. Вѣсъ балласта для парохода можно положить около 0,03 вѣса порожняго корпуса.

§ 175. Для соображенія, приводимъ здѣсь исчисленіе груза и главные элементы нынѣ строющагося мореходнаго парохода Богатырь, силою въ 260 лошадей.

Исчисленіе груза.

	Пуд.
1) Вѣсъ порожняго корпуса . . .	32215,2.
2) —— пароваго котла съ водою	6740.
3) —— механизма	7308.
4) —— Угля въ сутки 1896 пуд.; на 10 сутокъ	18960.
5) —— 36 полупудовыхъ единороговъ съ 4-хъ-мѣсячнымъ снарядомъ	7920.

6)	Команды по 6-ти челов. на орудіе, что составитъ 216, да нестроевыхъ для управленія машинами 23, всего 239 чел.; вѣсъ ихъ	Пуд. 1673.
7)	Вѣсъ провизіи на 1 мѣсяцъ .	1242,8.
8)	—— Воды съ посудой . . .	1362,3.
9)	—— рангоута, парусовъ, якорей канатовъ и проч. . . .	3000.
10)	—— гребныхъ судовъ . . .	300.
11)	—— чугуннаго балласта . .	1094,7.

Итого = 81816,0 пуд.
или полный вѣсъ = 1342,12 тон.

Главные элементы.

		Куб. фут.
Водоизмѣщеніе съ обшивкою	D	= 45367,76.
Длина по грузовой ватерлиніи	L	= 173,280.
Ширина	B	= 32,76.
Глубина на мидель-шпангоутѣ	H	= 12,54 фут.
Разность водоизмѣщеній . .	K	= 2408,67 к. ф.
Отстояніе центра величины отъ грузовой	g	= 5,150.
Центръ величины отъ метацентра	e	= 8,824.
Метацентръ выше грузовой ватерлиніи.	$e-g$	= 3,674.
Площ. мидель-шпангоута .	$\mathfrak{M}$	= 346,18.
Указател. мидель-шпангоута	m	= 5,35.
Площ. грузовой ватерлиніи	W	= 4986,96.

Куб. фут.

Указатель груз. ватерлиніи $\omega =$ 7,23

Отстояніе мидель-шпангоута отъ средины . . . . . . $+0 = 14,260$.

Центръ тяжести отъ средины . . . . $a =$ 2,79.

Указатель строевой линіи . $n =$ 3,1

Указатель грузовой ватерлиніи кормовой . . . . $\omega' =$ 9,61.

Указатель грузовой ватерлиніи носовой . . . . $\omega'' =$ 5,260.

Изъ слѣдующей таблицы можно видѣть элементы лучшихъ иностранныхъ пароходовъ.

ТАБЛИЦА № 21.

ПАРОХОДЫ.	Длина строевой l.	Строевая глубина. H.	Указател. строевой n.	Указател. миделя m.	Указател. грузовой ω.	Указател. водоизмѣщенія.
Англійскіе . .	117,7	7,8	2,7	3,45	5,0	2,1
	98,8	6,2	2,47	5,75	5,2	2,6
	99,8	7,1	2,32	6,96	6,39	2,41
Норвежскіе .	106,8	6,85	2,5	3,55	6,10	2,0
	95,75	6,25	2,4	4,54	6,54	2,13
Американскій	150,47	5,41	2,12	4,72	4,03	2,27

ТАБЛИЦА № 22.

Элементы коммерческихъ пароходовъ.

Сила пароходовъ.		100.	80 мореходной.	80.	60.
Элементы.					
Водоизмѣщеніе	D	9492,6	10680,4	17264,06	9313,58
Длина по грузовой . .	L	124,0	115,10	124,20	120,0
Ширина	B	22,6	20,60	9,00	20,6
Глубина на миделѣ . . .	H	5,6	7,70	6,60	6,0
Площ. мидель-шпангоута .	⊠	115,08	125,96	170,18	108,40
Площ. грузовой ватерлиніи	W	2233,4	2076,6	3341,2	2191,9
Указатель мидел.-шпангоута	m	5,92	5,85	8,01	17.
Указател. грузов. ватерлиніи	ω	10,02	7,05	12,82	7,82
Указатель сгроевой линіи	n	4,98	2,79	4,45	4,45
Отстояніе центра тяжести отъ средины къ носу .	a	0,95	3,47	0,64	2,22
Отстояніе ⊠ отъ средины къ носу	$l+0$	4,0	16,62	4,12	10,53
Центръ величины отъ грузовой	g	1,57	3,14	2,79	2,60
Метацентръ отъ центра величины	e	7,41	5,58	12,45	7,124
Метацентръ отъ грузовой	$e-g$	6,04	2,44	9,66	4,52

§ 176. Въ заключеніе статьи о пароходахъ, остается показать правило, какъ поданнымъ размѣреніемъ судна опредѣлить силу машины. Сила машины, приводящая судно въ движеніе, пропорціональна сопротивленію воды на подводную часть. При одинаковомъ же образованіи, то сопротивленіе пропорціонально

произведенію изъ наибольшей ширины на глубину.

Основываясь на этомъ, Французы употребляютъ слѣдующее правило для найденія силы машины: *площадь прямоугольника изъ ширины на глубину въ квадратныхъ метрахъ* (*), *умноженная на* 6,66, *представитъ число лошадей, измѣряющихъ силу машины, потребную для сообщенія движенія судну.*

Пусть ширина B = 8 метровъ, глубина H = 3 метра, произведеніе BH = 24, умноженное на 6,66, будетъ 6,66 BH = 160, покажетъ число лошадей, изображающее силу машины.

Здѣсь полагается, что отношеніе водоизмѣщенія къ паралелепипеду изъ главныхъ размѣреній равно 0,68. И потому вышеописанное правило можно употреблять для всѣхъ пароходовъ, въ коихъ отношеніе водоизмѣщенія къ паралелепипеду составляетъ 0,68, или близко къ тому.

§ 177. Извѣстно, что сопротивленіе воды на судно, въ движеніи, зависитъ отъ водоизмѣщенія: чѣмъ оно болѣе, тѣмъ болѣе и сопротивленіе, и обратно. Изъ этого видно, что сила машины должна зависѣть отъ водоизмѣщенія.

Въ рѣчныхъ пароходахъ на каждые 2 или $2\frac{1}{2}$ тонна водоизмѣщенія полагается сила одной лошади.

(*) Одинъ метръ равенъ 3,283 Англ. футовъ.

Въ мореходныхъ же пароходахъ полагается не менѣе 3 тонновъ и не болѣе 5-ти тонновъ на силу каждой площади. Причина, по которой силу на морскихъ пароходахъ дѣлаютъ относительно ихъ величины менѣе, нежели на рѣчныхъ, та, чтобъ во время плаванія употреблять менѣе топлива, и имѣть возможность запастись имъ на большее время.

Помощію этихъ правилъ можно найти силу машины по данному водоизмѣщенію и обратно.

Пусть водоизмѣщеніе D = 1342 тонна, полагая на каждые 5-ть тонновъ силу одной лошади; число лошадей, измѣряющихъ число машины, будетъ 267.

Такъ найдется водоизмѣщеніе пароходовъ:

Рѣчныхъ:

въ	40	силъ	D = 40.2,5 =	100	тонновъ.
—	60	——	D = 60.2,5 =	150	——
—	80	——	D = 80.2,5 =	200	——
—	100	——	D = 100.2,5 =	250	——

Мореходныхъ:

—	100	——	D = 3.100 =	300	——
—	120	——	D = 3.120 =	360	——
—	150	——	D = 3,5.150 =	525	——
—	200	——	D = 4.200 =	800	——
—	250	——	D = 5.250 =	1250	——

*

ГЛАВА XIII.

О сочинении бокового чертежа.

§ 178. Известно, что для опредѣленія точки, линіи или поверхности въ пространствѣ, нужно знать проекціи ихъ на двухъ взаимно перпендикулярныхъ плоскостяхъ.

Подобнымъ образомъ, чтобъ имѣть полное понятіе о фигурѣ судна, достаточно знать проекціи его на плоскостяхъ вертикальной и горизонтальной. Но для большей ясности, проекція судна изображается еще и на третьей плоскости, перпендикулярной къ двумъ первымъ.

Изъ безчисленнаго множества вертикальныхъ плоскостей, на которыхъ можетъ быть изображена проекція судна, избирается та, которая раздѣляетъ его на двѣ равныя и совершенно подобныя части. — Проекція судна на этой плоскости называется *бокъ*.

Другая плоскость, на которой изображается судно, перпендикулярна къ діаметральной плоскости и бываетъ обыкновенно параллельна верхней грани киля. — Изображеніе проекцій обводовъ судна на этой плоскости называется *полуширота*.

Изображеніе проекцій обводовъ судна на третьей плоскости, перпендикулярной къ

двумъ первымъ, служитъ дополненіемъ ихъ и называется *корпусъ*.

§ 179. При сочиненіи чертежа надлежитъ сперва составить масштабъ, такъ, чтобы изображеніе линій было не слишкомъ мѣлко. Обыкновенные чертежи кораблей бываютъ въ $\frac{1}{48}$ долю противъ настоящей величины судна, т. е. за футъ теоретическаго чертежа принимается $\frac{1}{4}$ дюйма или $\frac{1}{48}$ часть настоящаго фута.

При масштабѣ должны быть показаны, какъ дюймы, такъ и десятыя доли фута. Употребленіе послѣднихъ служитъ большимъ облегченіемъ при вычисленіи чертежа.

Киль и штевни.

§ 180. Киль служитъ основаніемъ нижней части судна; стемъ или форштевень образуетъ его носъ, и наконецъ ахтеръ-штевень или старнпостъ служитъ основаніемъ нижней части кормы.

Обыкновенно штевни дѣлаютъ съ уклономъ.

Полагаютъ, что уклонъ стема: 1) доставляетъ судну возможность легче восходить на валы, 2) уменьшаетъ сопротивленіе воды на носъ, 3) уменьшаетъ носовую часть діаметральной плоскости и дѣлаетъ менѣе порокъ судна — рыскать къ вѣтру, 4) способ-

ствуетъ поворотливости и 5) уменьшаетъ силу ударовъ волнъ.

Изъ всѣхъ причинъ главнѣйшая 3-я, ибо выше видѣли (§ 91), что рыскливость дѣйствительно дѣлается менѣе отъ уменьшенія носовой діаметральной плоскости противъ кормовой.

Но скорости поворотовъ, уклонъ стема увеличить не можетъ: это показываетъ опытъ Ромма, приведенный въ § 100, изъ коего видно, что судно при поворотѣ рулемъ обращается около нѣкоторой точки, находящейся весьма близко къ носу, и что сопротивленіе, замедляющее поворотъ, будетъ зависѣть отъ длины всего судна; слѣдовательно уклонъ стема не можетъ много облегчить поворотливости. Что же касается до остальныхъ причинъ, то уклонъ стема не уменьшаетъ сопротивленія, и не облегчаетъ восхожденія судна на валы, ибо все это зависитъ отъ образованія батоксовъ. —Можно сдѣлать два судна, у одного стемъ съ уклономъ, а у другаго вертикаленъ, и если батоксы и ватерлиніи у обоихъ одинаковы, то въ сопротивленіи и въ восхожденіи на валы разности не будетъ.

§ 181. Излишній уклонъ стема доставляетъ вредъ качествамъ: 1) уменьшая боковое сопротивленіе, онъ увеличиваетъ дрейфъ.

2) Уменьшая водоизмѣщеніе носовой оконечности, доставляетъ большую наклонность судна къ перегибу, и замедляетъ восхожденіе носа на валы.

3) Будетъ препятствовать надлежащему приближенію фокъ-мачты къ носу, ибо, желая сохранить положеніе этой мачты, при большомъ уклонѣ стема, пришлось бы утверждать шпоръ ее не на кильсонѣ (какъ должно), а на стемсонѣ. Такое укрѣпленіе было бы неудобно и ненадежно, а кромѣ того, слишкомъ обремѣнивъ крайній носовой отсѣкъ, увеличило бы перегибъ судна и уменьшило качество восхожденія на валы.

Итакъ излишній уклонъ стема вреденъ, и потому не должно его много увеличивать, а по возможности уменьшать; — въ послѣднемъ случаѣ судно получитъ болѣе выгодъ, нежели въ первомъ, и особенно для своей крѣпости.

§ 182. Въ опредѣленіи величины уклона слѣдуютъ опыту, который показалъ, что $\frac{1}{13}$ часть длины судна можетъ быть принята за уклонъ стема въ корабляхъ; $\frac{1}{14}$ — для фрегатовъ, и наконецъ $\frac{1}{15}$ часть — для меньшаго рода судовъ.

Но вообще этотъ уклонъ болѣе зависитъ отъ положенія фокъ-мачты; выше видѣли, что степсъ ея нужно непремѣнно дѣлать на

кильсонѣ, т. е. уклонъ стема всегда долженъ быть менѣе отстоянія фокъ-мачты отъ носоваго конца грузовой ватерлиніи. Послѣднее разстояніе бываетъ отъ 0,12 до 0,1 длины грузовой, слѣдовательно *уклонъ стема долженъ быть менѣе* 0,1 *или* 0,12 *длины судна по грузовой ватерлиніи.*

§ 183. Причины, для которыхъ дѣлаютъ уклонъ старнпоста: 1) чтобъ доставить судну легкость восхожденія на валы; 2) чтобъ уменьшить силу ударовъ волнъ.

Здѣсь замѣтимъ, какъ и прежде, что на самомъ дѣлѣ уклонъ старнпоста не имѣетъ вліянія на легкое восхожденіе судна на валы, ибо это качество зависитъ отъ образованія батоксовъ,— и потому нѣтъ нужды давать старнпосту уклонъ.

Равнымъ образомъ уклонъ старнпоста составляетъ послѣднее средство отклонять удары волнъ, и такая ничтожная выгода далеко не вознаграждаетъ недостатка крѣпости наклонной кормы; ибо тогда уменьшается связь ее съ килемъ и дедвудомъ.

Выше видѣли, § 100, вредъ для поворотовъ судна, происходящій отъ наклоннаго старнпоста.

Короче, этотъ уклонъ, за исключеніемъ какой-то невидимой пользы, приноситъ видимый вредъ, и потому можно положить

правиломъ *дѣлать старнпостъ вертикальнымъ.*

Ватерлиніи.

§ 184. Если судно станемъ разсѣкать горизонтальными плоскостями, то взаимныя сѣченія ихъ съ поверхностію судна будутъ кривыя линіи, которыя называются *ватерлиніи.* Обводы ихъ показываютъ горизонтальную кривизну судна, и вмѣстѣ со шпангоутами и батоксами совершенно опредѣляютъ образованіе его поверхности.

Ватерлиніи на боку изображаются прямыми линіями, параллельными или наклонными къ верхней грани киля; первый случай имѣетъ мѣсто, когда судно сидитъ на ровный киль, а послѣдній, когда оно съ диферентомъ. Обыкновенно глубина судна въ кормѣ бываетъ болѣе, нежели въ носу, и разность между сими углубленіями называется *диферентъ.*

Выше видѣли, что: 1) диферентъ уменьшаетъ рыскливость, § 91; 2) на фордевиндъ увеличиваетъ силу руля, а въ бейдевиндъ способствуетъ повороту судна по вѣтру.

Теорія не опредѣляетъ намъ величины диферента, одно только можно сказать, что съ увеличеніемъ разности между носовымъ и кормовымъ моментами парусности, дифе-

рентъ должно уменьшать и наибольшая величина его будетъ, когда тѣ моменты равны.

Опытами дознано, что всѣ вообще корабли имѣютъ диферентъ не болѣе 3-хъ и не менѣе $1\frac{1}{2}$ футовъ; во фрегатахъ и другихъ меньшихъ судахъ величина его бываетъ отъ $1\frac{1}{2}$ до 1 фута; или вообще отъ 0,1 до 0,06 глубины судна съ килемъ.

Впрочемъ диферентъ, назначенный на чертежѣ, рѣдко не измѣняется, когда судно совсѣмъ нагружено: — Всякой начальникъ судна, выступивъ въ море, ищетъ диферентъ выгоднѣйшій въ разсужденіи качествъ; судна. Вообще замѣчено, что переносъ тяжестей съ одного конца корабля на другой, увеличивъ диферентъ, чувствительно перемѣняетъ скорость хода. Съ перваго взгляда кажется, что диферентъ имѣетъ непосредственное вліяніе на это качество; но теорія совсѣмъ не показываетъ такого вліянія.

Полагаютъ, что измѣненіе скорости происходитъ отъ другихъ причинъ; — можетъ быть отъ диферента паруса получатъ выгоднѣйшее положеніе въ разсужденіи вѣтра, придутъ въ лучшее между собою равновѣсіе, и для удержанія корабля на одномъ курсѣ, нужно менѣе дѣйствовать рулемъ; вѣроятно, что все это вмѣстѣ должно увеличить скорость хода.

Для облегченія вычисленій при сочиненіи чертежа можно дѣлать диферентъ, не измѣняя положенія ватерлиній: для этого стоитъ только увеличить вышину киля въ кормѣ и уменьшить ее въ носу. Что кажется будетъ выгоднѣе и въ отношеніи качествъ.

Глубина трюма.

§ 185. Подъ именемъ глубины трюма разумѣется разстояніе отъ верхней кромки киля до верхней кромки бимсовъ гондека у стѣны.

Глубина трюма зависитъ отъ образованія подводной части судна и опредѣляется его длиною и шириною. Если ширина мала въ разсужденіи длины, то для доставленія трюму должной вмѣстительности нужно увеличивать его глубину; при большей же величинѣ первыхъ размѣреній должно глубину уменьшать.

Также при остромъ образованіи судна отнимается много простора въ нижней части трюма; чтобъ это вознаградить, нужно глубину трюма увеличивать. Напротивъ того, при полномъ образованіи, когда вмѣстительность трюма и безъ того уже достаточна, должно ту же глубину уменьшать.

Кромѣ того, при опредѣленіи глубины трю-

ма должно обращать вниманіе на высоту портовъ нижней батареи отъ воды.

Высота портовъ на миделѣ отъ воды равна высотѣ нижнихъ косяковъ отъ палубы, вмѣстѣ съ разстояніемъ отъ палубы до грузовой ватерлиніи. При постоянной глубинѣ послѣднее разстояніе будетъ болѣе или менѣе, смотря по глубинѣ трюма, и когда оно недостаточно, то можетъ повредить дѣйствію нижней батареи.

Глубина судна уже опредѣлена выше, § 150. Высота портовъ нижней батареи на миделѣ надъ водою должна быть такова, что если судно накренится на 7°, то нижніе косяки портовъ нижней батареи отстояли бы отъ воды не менѣе $4\frac{1}{2}$ футовъ. — Въ противномъ случаѣ наклонная батарея не можетъ удобно дѣйствовать.

Въ корабляхъ высота портовъ отъ воды должна быть не болѣе $5\frac{1}{2}$ и не менѣе $4\frac{1}{2}$ футовъ; излишекъ увеличитъ высоту надводной части и тѣмъ повредитъ остойчивости.

Во фрегатахъ же, имѣющихъ одну только батарею, малую высоту надводной части и почти равную съ кораблями глубину подводной, высота портовъ отъ воды должна быть болѣе, дабы во всякое время можно дѣйствовать батареею, безъ чего сила фрегата весь-

ма уменьшится. Во всѣхъ фрегатахъ высота портовъ отъ воды должна быть не менѣе 7-ми футовъ.

Отсюда выходитъ правило для найденія глубины трюма судовъ линейныхъ: *Изъ высоты портовъ отъ воды должно вычесть отстояніе нижнихъ косяковъ ихъ отъ палубы; къ разности придать глубину судна на мидель; произшедшій выводъ покажетъ искомую глубину трюма.*

§ 186. Также опредѣляютъ глубину трюма по отношенію этого размѣренія къ длинѣ и ширинѣ судна.

Иногда глубину трюма дѣлаютъ равною $\frac{1}{8}$ длины судна, и какъ таковой выводъ бываетъ недостаточенъ, то къ частному прибавляютъ еще одинъ футъ.

По большой части въ корабляхъ за глубину трюма принимаютъ наибольшую полуширину судна съ обшивкою.

Въ фрегатахъ отъ 46 до 30 пуш. глубина трюма получается, принимая 5,8 дюймовъ отъ каждаго фута ширины; въ меньшихъ же судахъ берется 6,6 дюйм. на футъ ширины.

Возвышеніе палубъ.

§ 187. Возвышеніе палубъ въ носу и въ кормѣ дѣлается для того, чтобы доставить судну красивый видъ на водѣ; но эта причи-

на весьма неопредѣленна и зависитъ отъ вкуса, или лучше сказать отъ существующей моды.

Нѣкоторые думаютъ, что большое возвышеніе палубы въ носу и въ кормѣ противодѣйствуетъ перегибу, и полагаютъ вообще, что суда съ прямыми обводами слабѣе. Правда, что перегибъ всегда бываетъ замѣтнѣе въ судахъ, имѣющихъ малое возвышеніе палубъ; но это не значитъ, что они слабѣе, нежели суда, имѣющія большую сѣдловатость. Напротивъ, отъ возвышенія палубы въ носу и въ кормѣ увеличивается вѣсъ оконечностей, и наклонность судна къ перегибу дѣлается болѣе.

Отъ возвышенія палубъ происходитъ еще та польза, что вода можетъ удобно стекать отъ оконечностей судна къ срединѣ, потому, что помѣщеніе шпигатъ въ этомъ мѣстѣ почитаютъ выгоднѣйшимъ.

Также, если палуба будетъ имѣть одинаковую высоту въ оконечностяхъ и при срединѣ, то во время килевой качки, отъ безпрестаннаго погруженія носа и кормы, пушки, поставленныя въ крайнихъ портахъ, лишились бы возможности дѣйствовать.

Слѣдовательно возвышеніе палубы въ носу и въ кормѣ необходимо, но не должно его слишкомъ увеличивать, ибо это вредитъ крѣпости. Вообще дѣлаютъ разность между вы-

сотою палубы на мидель и въ оконечностяхъ около 0,13 глубины трюма.

§ 188. Высота самыхъ дековъ или разстояніе между палубами главнѣйше опредѣляется тѣмъ условіемъ, чтобы человѣкъ обыкновеннаго роста могъ свободно ходить. Этому можно удовлетворить, сдѣлавъ ту высоту около 7-ми футовъ.

На корабляхъ высота дековъ зависитъ отъ калибра пушекъ. Чѣмъ больше этотъ калибръ, тѣмъ болѣе высота нижняго косяка отъ палубы и высота самаго порта. Отъ верхняго же косяка порта до верхней палубы, непосредственно надъ нимъ находящейся, должно оставаться пространство, достаточное для помѣщенія бимса и подъ нимъ клямса.

Сыщемъ для примѣра высоту палубы, на которой находятся 36 фут. пушки.

Тогда высота нижняго косяка порта надъ палубой	= 2 ф. 8 д.
Высота порта	= 3 —
Толщина бимса	= 1 — 3 —
Ширина клямса	= 1 —
Сумма	= 7 — 11 —

показываетъ разстояніе между палубами, или высоту гондека.

§ 189. *Высота штевней.* За высоту стема

иногда принимаютъ отъ $\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{10}$ всей длины судна. Но на самомъ дѣлѣ эта высота опредѣляется помѣщеніемъ бушприта, который обыкновенно лежитъ на вершинѣ его. Гнѣздо, въ коемъ утверждается шпоръ бушприта или бушпритъ-пятнарсъ, бываетъ впереди фокъ-мачты: въ 3-хъ-дечныхъ корабляхъ— на *мидель-декѣ*, въ *2-хъ-дечныхъ* — *на гондекѣ* и во всѣхъ фрегатахъ—на опердекѣ. Отъ этого гнѣзда *бушпритъ долженъ итти такимъ* образомъ, чтобы сверхъ пятнарса его въ стѣнѣ можно подъ палубою положить и укрѣпить бренступъ. Это правило въ особенности соблюдать должно въ корабляхъ, ибо во всѣхъ вообще фрегатахъ, того брештука положить нельзя;— тогда отъ средины бушпритъ-пятнарса, проведя прямую наклонную къ горизонту подъ угломъ отъ 25° до 30°, будемъ имѣть *положеніе бушприта*. Отстояніе точки пресѣченія нижней стороны бушприта съ *заднею кромкою шпунта отъ верхней* грани киля покажетъ искомую высоту стема.

§ 190. Высота старнпоста зависитъ отъ помѣщенія румпеля, который обыкновенно бываетъ подъ бимсами опердека въ 2-хъ-дечныхъ корабляхъ и фрегатахъ; подъ мидель-декомъ — въ 3-хъ-дечныхъ корабляхъ. Въ ма-

лыхъ же судахъ румпель ходитъ болѣе надъ верхнею палубой.

Слѣдовательно, чтобъ получить высоту старнпоста въ кораблѣ, должно *къ глубинѣ трюма въ кормѣ придать разстояніе между палубами, уменьшенное толщиною бимсовъ и шириною румпеля, сумма покажетъ искомую высоту старнпоста.*

О размѣщеніи шпангоутовъ.

§ 191. На теоретическомъ чертежѣ изображаютъ одни только настоящіе шпангоуты.

Изъ всѣхъ шпангоутовъ первое мѣсто занимаетъ мидель-шпангоутъ. Выше видѣли, что отъ образованія и площади его зависятъ главнѣйшія условія мореходныхъ качествъ.

Во всѣхъ вообще судахъ мидель-шпангоутъ находится ближе къ носу, нежели къ кормѣ, и отстоитъ отъ средины судна около $\frac{1}{12}$ части длины.

Это дѣлаютъ: 1) для увеличенія скорости хода, § 69; 2) для увеличенія момента силы руля отъ центра тяжести, и 3) чтобъ увеличить длину кормовой діаметральной плоскости, и уменьшить рыскливость.

Разсматривая килевую качку корабля (§ 112), мы уже видѣли, какія слѣдствія ведетъ за собою помѣщеніе центра тяжести и мидель-

шпангоута, впереди средины. Теперь остается только сказать, что центръ тяжести помѣщаютъ впереди средины на разстояніе, равное отъ $\frac{1}{70}$ до $\frac{1}{80}$ части длины грузовой ватерлиніи. Разность водоизмѣщеній носовой и кормовой части бываетъ около $\frac{1}{25}$ или $\frac{1}{30}$ части всего водоизмѣщенія.

Въ послѣдствіи мы покажемъ правило— по данному мѣсту центра величины опредѣлить положеніе мидель-шпангоута.

Прочіе шпангоуты размѣщаются въ равномъ одинъ отъ другаго разстояніи, которое зависитъ отъ ширины портовъ, такъ, чтобы отъ боковыхъ кромокъ порта до окладныхъ кромокъ смежныхъ съ нимъ шпангоутовъ было покрайней мѣрѣ одинъ футъ.

Ширина порта *для* пушки 36-ти-фунтоваго калибра . . . . 3 ф. 5 д.

Ширина шпангоута въ правкѣ на каждую сторону порта по 1 ф. 2 д.; на обѣ = 2 — 4

Разстояніе между шпангоутами для линейнаго корабля . . . . . . 5 ф. 9 д.

Подобнымъ образомъ найдется разстояніе между шпангоутами и въ другихъ судахъ.

Размѣщеніе портовъ.

§ 192. Опредѣляя длину кораблей, § 146, мы показали, какъ должно располагать порты гондека.

Опердечные порты размѣщаютъ въ срединѣ промежутковъ портовъ гондека. Помѣщеніе портовъ на квартеръ-декѣ и форкастелѣ зависитъ отъ расположенія юнферовъ для вантъ.

Ванты должно располагать такъ, чтобъ онѣ не мѣшали управленію парусами. Передняя ванта обыкновенно бываетъ въ вертикальной плоскости, проходящей отъ нижней части топа мачты, перпендикулярно къ діаметральной плоскости.

Прочія ванты идутъ позади мачты, и самая задняя изъ нихъ должна отстоять отъ передней не менѣе $\frac{1}{3}$ ширины корабля противъ мачты; прочіе же юнферы находятся въ равныхъ между собою разстояніяхъ.

Число юнферовъ для вантъ бываетъ:

	Гротъ-мачта.	Фокъ-мачта.	Бизань-мачта.
На 3-хъ-дечн. кораблѣ	12.	11.	8.
На 84 пуш. ———	11.	9.	7.
На 74 —— ———	10.	9.	6.
На 60 —— фрегатѣ	10.	9.	6.
На 44 —— ————	9.	8.	5.
На 24 —— ————	8.	7.	5.
На 20 —— бригѣ	7.	5.	„

Діаметръ юнфера на гротъ и фокъ-мач-

тахъ въ корабляхъ бываетъ около 1½ футъ, а во фрегатахъ около 1 фут. 2 дюйм. На бизань-мачтѣ въ корабляхъ діаметръ юнферовъ бываетъ 1 фут. 2 дюйм., а во фрегатахъ — около 11 дюйм.

Всѣ юнферы прикрѣпляются къ *чанельсамъ* или *русленямъ*, которые имѣютъ видъ площадокъ, утвержденныхъ на внѣшней сторонѣ корабля противъ каждой мачты. Они обыкновенно полагаются на вышинѣ квартордека и форкастеля, такъ, чтобы скрѣпляющіе ихъ болты могли проходить чрезъ ватервейсъ той палубы. Руслени дѣлаются съ тою цѣлію, чтобъ разнести нижніе концы вантъ и тѣмъ увеличить ихъ силу; для того они должны имѣть значительную ширину. Но если эта ширина слишкомъ велика, то пламя, вылетающее изъ орудій, на квартордекѣ и форкастелѣ, можетъ опалить талрепы и особенно при косвенныхъ выстрѣлахъ. Вообще дѣлаютъ ширину русленей равную уклону топтимберса мидель-шпангоута.

Назначивъ на чанельсахъ мѣста для юнферовъ, должно отъ нижней части топа мачты къ назначеннымъ точкамъ провести прямыя линіи, которыя покажутъ направленія вантъ.

При распредѣленіи портовъ на квартордекѣ и форкастелѣ наблюдается:

1). Чтобъ ванты не препятствовали дѣйствію орудій; для этого нужно принимать въ разсужденіе уголъ, на который коронада можетъ быть отведена въ сторону. Онъ бываетъ около 35 градусовъ. И потому отъ средней линіи порта верхней батареи, на полуширотѣ, провести двѣ прямыя линіи, составляющія съ нею углы въ 35°; точки пресѣченія этихъ линій съ внѣшними краями чанельсовъ покажутъ мѣста для первыхъ отъ порта юнферовъ.

2). Чтобъ порты не перерубали цѣльныхъ, или настоящихъ шпангоутовъ, ибо въ противномъ случаѣ ослабляется верхняя часть корабельныхъ стѣнъ.

3). Стараться размѣщать порты въ равныхъ между собою разстояніяхъ.

Размѣщеніе бархоутовъ.

§ 193. Бархоутами называютъ толстые поясы наружной обшивки, скрѣпляющіе надводную часть судна.

Пушечные порты много ослабляютъ крѣпость надводной части; чтобъ замѣнить ее, бархоуты полагаются между батареями.

Самый большій и важнѣйшій изъ всѣхъ прочихъ бархоутовъ называется *мейнъ-вельсъ*; нижняя кромка его при мидель-шпангоутѣ

полагается на вышинѣ грузовой ватерлиніи, или нѣсколькими дюймами выше.

Второй бархоутъ, называемый *чанель-вельсъ*, полагается между двумя нижними батареями.

Третій бархоутъ въ 3-хъ-дечныхъ кораблахъ, помѣщаемый между портами мидельдека и опердека, называется *шіеръ-вельсъ*.

Наконецъ, четвертый бархоутъ помѣщается выше опердека и называется *шіеръ-стрекъ*.

Направленіе всѣхъ бархоутовъ по длинѣ параллельно палубамъ. Ширина ихъ должна быть такова, чтобы болты, скрѣпляющіе ватервейсъ и клямсъ, проходили бы и чрезъ бархоутъ.

На чанель-вельсѣ обыкновенно помѣщаютъ вантъ-путинъ-планки, такъ, чтобъ болты, скрѣпляющіе концы ихъ со стѣною, проходили близъ верхняго и нижняго краевъ чанельвельса. Направленіе вантъ-путинъ то же, что и вантъ.

О бретлейнѣ.

§ 194. Обводы шпангоутовъ, удовлетворяющіе качествамъ судна, *должны* имѣть наименьшую свою ширину при килѣ. Къ верху эта ширина становится постепенно болѣе, и дошедъ до нѣкоторой высоты, опять уменьшается; слѣдовательно на обводѣ каждаго шпангоута есть такая точка, которая уда-

лена отъ діаметральной плоскости на самое большое разстояніе. — Кривая линія, проходящая чрезъ такія точки на всѣхъ шпангоутахъ, называется *бретлейнъ*.

Въ изслѣдованіи объ остойчивости, § 47, доказано, что наибольшая ширина каждаго шпангоута должна быть одинакова, покрайней мѣрѣ до 10° угла наклоненія. На самомъ дѣлѣ, это можно соблюсти только въ шпангоутахъ, близкихъ къ срединѣ корабля; носовые же и кормовые шпангоуты имѣютъ наибольшую ширину выше грузовой ватерлиніи, для того, чтобъ по возможности увеличить ширину палубъ въ носу и въ кормѣ. Такимъ образомъ бретлейнъ имѣетъ видъ согласной кривой линіи, которая отъ мидель-шпангоута къ носу и къ кормѣ постепенно возвышается.

Высота бретлейна при срединѣ корабля бываетъ на грузовой ватерлиніи; въ носу — на вышинѣ клюзовъ; въ кормѣ — на вышинѣ гон-дечныхъ отступныхъ портовъ.

О галюнѣ.

§ 195. Галюнъ служитъ украшеніемъ носовой оконечности корабля; красота или безобразіе его имѣетъ большое вліяніе на красоту самаго судна.

Польза гальюна состоитъ въ томъ, что онъ служитъ для лучшаго укрѣпленія буш-

пршпа съ кораблемъ посредствомъ вашервулинговъ.

Вообще гальюнъ долженъ быть легче, ибо излишнiй вѣсъ его, обремѣняя носъ, вредитъ крѣпости судна. Длина его пропорцiональна величинѣ корабля, и составляетъ около $\frac{1}{14}$ части длины.

Въ 3-хъ-дечныхъ корабляхъ гальюнъ вообще имѣетъ весьма непропорцiональный видъ; для того нужно длину его увеличивать, чрезъ что несоразмѣрная высота нѣсколько скрадется.

2-хъ-дечные корабли отъ 100 до 74-хъ пушекъ, имѣющiе только два батарейные дека и не столь высокую надводную часть, могутъ имѣть гальюнъ красивѣе и пропорцiональнѣе.

Фрегаты же, по малой высотѣ надводной части, почитаются наилучшими для образованiя красивыхъ гальюновъ.

Красота гальюна, сколько зависитъ отъ надлежащей соразмѣрности, а еще болѣе отъ правильности и согласiя обводовъ чиксъ и регелей, также отъ расположенiя ихъ относительно высоты судна. Обводы ихъ должны служить какъ бы продолженiемъ обводовъ самаго судна, такъ, чтобы гальюнъ съ нимъ составилъ одно цѣлое, а не казался лишнею надѣлкою. По стѣнѣ чиксы идутъ

подъ согласіе съ бархоутами, а по книвдегеду — постепенно возвышаются въ согласной кривизнѣ.

Число чиксъ на каждой сторонѣ въ 3-хъ-дечныхъ корабляхъ бываетъ по 4; въ 2-хъ-дечныхъ — 3; на фрегатахъ и другихъ малыхъ судахъ — двѣ.

Нижняя чикса обыкновенно располагается такъ, чтобъ верхняя кромка ея находилась въ одной высотѣ съ верхнею кромкою мейнъвельса.

Самая верхняя чикса полагается у нижнихъ косяковъ портовъ опердека. Прочія чиксы размѣщаются въ равныхъ между собою разстояніяхъ, наблюдая притомъ, чтобъ онѣ не пересѣкали погонныхъ портовъ.

Въ срединѣ между двумя нижними чиксами помѣщаютъ клюзы.

Число регелей бываетъ по два на каждой сторонѣ, во всѣхъ судахъ, исключая 3-хъ-дечныхъ кораблей, гдѣ ихъ бываетъ по три.

Верхній регель на стѣнѣ отстоитъ отъ верхней чиксы на разстояніе, равное промежуткамъ прочихъ чиксъ. Нижній регель полагается въ срединѣ, между верхнимъ регелемъ и верхнею чиксою.

§ 196. Основаніемъ гальюна служитъ книвдегедъ; возвышеніе передняго конца его опредѣляется положеніемъ бушприта, который

должен отстоять от верха бекписа по крайней мѣрѣ на 6-ть дюймовъ.

Верхній регель, идя от точки, назначенной *для него на стемѣ, оканчивается* у вершины бекписа, гдѣ соединяется съ верхнею чиксою и нижнимъ регелемъ.

Во всѣхъ старыхъ гальюнахъ верхній регель, идя по стѣнѣ, загибается къверху, возлѣ передней стороны крамбола, гдѣ и обдѣлывается кнехтомъ для закрѣпленія пертулиня. Нижній регель, также простираясь кривообразно по стѣнѣ, соединяется съ сапортусомъ крамбола.

Нынѣ верхній регель скрѣпляется со стѣною *почти у крамбола*, и имѣетъ *такое* образованіе, что проекція его на боку параллельна бархоутамъ. Нижній регель оканчивается немного позади стема, близъ погоннаго порта опердека.

Такимъ расположеніемъ регелей доставляется возможность устроить погонные порты на опердекѣ, чего при старомъ образованіи гальюна сдѣлать было невозможно.

§ 197. При помѣщеніи крамбола должно удовлетворить слѣдующимъ условіямъ:

1). Когда *катъ-блокъ сойдется* съ крамболомъ, то чтобъ лапы якоря уже вышли изъ воды. — Это условіе не трудно соблюсти въ корабляхъ, имѣющихъ высокую надводную

часть; на фрегатахъ же и на другихъ мѣлкихъ судахъ, съ низкою надводною частію, опредѣляя возвышеніе крамбола, необходимо нужно принять въ разсужденіе то условіе.

2). Когда якорь взятъ на руслень, то чтобы лапа его была на переднемъ концѣ фока-русленя, а штокъ его и веретено не приходились противъ портовъ, дабы ни въ какомъ случаѣ не мѣшать дѣйствію артиллеріи. Слѣдовательно, положивъ отъ передняго конца фока-русленя длину якоря, опредѣлимъ мѣсто внѣшняго конца крамбола по длинѣ. А если отъ русленя положимъ въ верхъ разстояніе, равное діаметру якорнаго рыма, вмѣстѣ съ величиною катъ-блока, то получится вышина верхняго конца крамбола.

Внутренній конецъ крамбола крѣпится подъ бимсами форкастеля.

Длина крамбола опредѣляется тѣмъ условіемъ, чтобы повѣшенный на немъ якорь лапами не могъ задѣвать стѣнъ корабля. Для того же расширяютъ и надводную часть носовыхъ шпангоутовъ.

§ 198. Наконецъ, для совершеннаго окончанія гальюна, должно передней части княвдегеда придать видъ согласной и пріятной кривой линіи.

Ширина княвдегеда на вышинѣ грузовой ва-

терлиніи бываетъ въ корабляхъ не болѣе 2½ футовъ; къ верху онъ постепенно расширяется, такъ, что на вышинѣ опердека бываетъ до 13-ти футовъ.

Обводъ книвдегеда ниже грузовой ватерлиніи имѣетъ кривизну, согласную съ обводомъ стема, а около бекписа идетъ или согласно съ нижнею кривизною, или имѣетъ большую выпуклость впередъ, — это зависитъ отъ укрѣпленія ватерштаговъ. Прежде ихъ крѣпили близъ грузовой ватерлиніи, а нынѣ — немного ниже бекписа. Послѣднее лучше: тогда сила ватерштаговъ болѣе дѣйствуетъ на то, чтобы укрѣпить бушпритъ въ его степсѣ; а другая сила ихъ, ломящая бушпритъ, значительно уменьшится, противъ того, когда крѣпленіе было при грузовой ватерлиніи.

Чтобъ удобнѣе закрѣпить ватерштаги, книвдегедъ, около бекписа, выгибаютъ впередъ, но сколь можно согласнѣе съ обводами чиксъ и регелей.

О кормѣ.

§ 199. Корма служитъ украшеніемъ задней оконечности судна; пріятный видъ и надлежащая соразмѣрность, безъ вреда для крѣпости, составляютъ для нее обходимыя принадлежности.

Вообще замѣчено, что возвышеніе оконечностей, наклонно къ поверхности воды, доставляетъ судну пріятный видъ, — и это заставляетъ дѣлать корму съ уклономъ.

Другая причина наклоннаго положенія кормы та, чтобъ верхняя часть руля, къ которой прикрѣпляется румпель, для большей безопасности во время сраженія, была внутри корабля.

Но вообще уклонъ кормы приноситъ болѣе вреда, нежели пользы, и особенно для крѣпости.

Сила тяжести стремится опустить корму, а съ низу ей нѣтъ никакого противодѣйствія, и чѣмъ болѣе уклонъ, тѣмъ болѣе дѣйствіе той силы;— слѣдовательно слабѣе корма. Съ этой стороны должно уклонъ кормы совершенно уничтожить. Но если уже необходимо скрывать верхнюю часть руля, внутри судна, то уклонъ не должно дѣлать болѣе того, сколько требуется для помѣщенія рулевой головы. И потому, придавъ къ ширинѣ руля въ головѣ толщину контръ-тимберса по лекалу вмѣстѣ съ толщиною внутренней обшивки, получимъ уклонъ кормы.

Положеніе колѣна средняго контръ-тимберса должно быть таково, чтобы выстрѣлы изъ отступныхъ орудій гондека не могли

опалитъ стѣнъ корабля, и для того оно помѣщается на вышинѣ опердека.

Принимая въ разсужденіе слабость кормы съ большимъ уклономъ, Сепингсъ, съ введеніемъ новой системы кораблестроенія, совершенно уничтожилъ уклонъ кормы, и сдѣлалъ образованіе ее подобное образованію носа. Слѣдствіемъ такой перемѣны было уничтоженіе силы, разслабляющей корму, а вмѣстѣ съ тѣмъ и пріобрѣтеніе возможности лучшимъ расположеніемъ наборныхъ членовъ доставить кормѣ гораздо большую крѣпость.

ГЛАВА XIV.

Способы для образованія подводной части корабля.

§ 200. Условія, съ коими сопряжено существованіе качествъ, зависятъ, во всякомъ суднѣ, отъ надлежащаго распредѣленія главныхъ его элементовъ и отъ образованія его поверхности. Многочисленные опыты удостовѣряютъ, что при одинаковыхъ элементахъ; правильность и согласіе обводовъ подводной части судна составляютъ главнѣйшій источникъ правиль-

ности и легкости движеній его, какъ поступательныхъ, такъ и вращательныхъ.

И потому, при начертаніи обводовъ подводной части, первымъ правиломъ поставить должно образовывать ихъ кривыми линіями согласными.

Въ предъидущихъ главахъ изложены правила для найденія элементовъ судна; теперь остается только показать способы для вычерчиванія обводовъ сѣченій, удовлетворяющихъ условіямъ качествъ.

Способъ параболическій.

§ 201. При сочиненіи чертежа, во-первыхъ надлежитъ озаботиться, чтобъ судно при данной величинѣ главныхъ размѣреній имѣло данную вмѣстительность, которая, какъ видѣли выше, зависитъ отъ площадей и обводовъ главныхъ сѣченій. И потому прежде всего нужно по данному водоизмѣщенію судна опредѣлить величину и обводы главныхъ сѣченій. — Это можно сдѣлать помощію линіи сѣченій.

Извѣстно, что каждая ордината линіи вертикальныхъ сѣченій числомъ футъ равна площади соотвѣтствующаго шпангоута.

Равнымъ образомъ, каждая ордината линіи горизонтальныхъ сѣченій заключаетъ въ се-

бѣ число футъ, равное площади соотвѣтствующей ватерлиніи.

Итакъ, имѣя линію вертикальныхъ сѣченій, мы получимъ *площади* всѣхъ шпангоутовъ. Когда же данъ обводъ линіи горизонтальныхъ сѣченій, получимъ площади ватерлиній.

Но вычерчиваніе линіи вертикальныхъ сѣченій въ практикѣ сопряжено съ большими неудобствами, потому, что ординаты ея слишкомъ велики, такъ, что наибольшая изъ нихъ, въ корабляхъ, бываетъ около 900 футовъ. Тоже должно сказать и о линіи горизонтальныхъ сѣченій, которой наибольшая двойная ордината въ корабляхъ около 9000 футовъ.

§ 202. *Линію сѣченій можно замѣнить другою линіею, которой ординаты имѣютъ меньшую величину.*

Возьмемъ общее уравненіе линіи сѣченій:

$$D = \int y dx.$$

Раздѣлимъ уравненіе на какое либо постоянное количество E, будетъ:

$$\frac{D}{E} = \frac{\int y dx}{E} = \int \frac{y'}{E} dx,$$ или полагая

$\frac{D}{E} = S, \frac{y}{E} = y'$, имѣемъ:

$$S = \int y' dx.$$

Это выраженіе представляетъ намъ площадь кривой линіи, имѣющей такое свойство, что каждая ордината ея y' равна соотвѣт-

ствующей ординатѣ линіи сѣченій, или площади сѣченія, раздѣленной на постоянное количество E.

Кривая линія, имѣющая такое свойство, называется *строевая линія;* площадь ея равна водоизмѣщенію, раздѣленному на постоянное количество E, величина котораго можетъ быть совершенно произвольна.

Слѣдовательно, если извѣстенъ обводъ строевой линіи, то умноживъ какую либо ординату ея y' на E, получимъ площадь соотвѣтствующаго этой ординатѣ сѣченія.

Такую строевую линію можно имѣть какъ для шпангоутовъ, такъ и для ватерлиній.

§ 203. Пусть D представляетъ водоизмѣщеніе; L — длину грузовой ватерлиніи; B — ширину на миделѣ при той же линіи; H — глубину на мидель-шпангоутѣ.

Одна изъ наибольшихъ ординатъ строевой линіи шпангоутовъ равна L, а другая равна площади мидель-шпангоута, раздѣленной на постоянное количество. Положимъ, что это количество равно ширинѣ B. Наибольшая абцисса строевой линіи шпангоутовъ будетъ

$$\frac{\mathfrak{M}}{B} = h.$$

Площадь строевой линіи:

$$\frac{D}{B} = S.$$

По этимъ даннымъ нужно вычертить обводъ строевой линіи.

Чапманъ, первый показалъ способъ находить площадь линіи сѣченій, посредствомъ строевой линіи. Онъ вычислялъ площади шпангоутовъ, и раздѣливъ ихъ на ширину судна, частныя полагалъ отъ грузовой ватерлиніи, на боку, по соотвѣтствующимъ шпангоутамъ. Получивъ такимъ образомъ согласную кривую линію, искалъ ея уравненіе или, лучше сказать, уравненіе другой кривой линіи, которая бы совмѣщалась съ строевою линіею; и нашелъ, что если парабола, нѣкоторой степени, пройдетъ чрезъ три какія либо точки, на строевой линіи, то обѣ линіи почти совмѣщаются. Замѣтилъ также, что въ корабляхъ, имѣющихъ лучшія качества, та линія была совершенная парабола.

Это наблюденіе приводитъ къ справедливому заключенію, что для доставленія судну лучшихъ качествъ *площади шпангоутовъ отъ миделя къ носу и къ кормѣ должны уменьшаться въ согласіи ординатъ параболы*, т. е. что строевая линія и линія вертикальныхъ сѣченій должны имѣть видъ параболъ.

Основываясь на послѣднемъ заключеніи, положимъ, что уравненіе строевой линіи

$$y^n = px.$$

Взявъ логариѳмъ, имѣемъ:

$$n.\ \mathrm{Log.}\ y = \mathrm{Log.}\ p + \mathrm{Log.}\ x, \text{ откуда}$$

$$\mathrm{Log.}\ y = \frac{\mathrm{Log.}\ p + \mathrm{Log.}\ x}{n} \dots (1).$$

Когда извѣстны p и n, то давая различныя величины для x, будемъ получать y; а имѣя такимъ образомъ нѣсколько ординатъ, по даннымъ абциссамъ, можемъ вычертить обводъ самой параболы.

Теперь слѣдуетъ опредѣлить p и n для строевой линіи. Поставимъ въ уравненіе (1), вмѣсто x, y, наибольшія координаты строевой линіи,—L и $\frac{\mathfrak{M}}{\mathrm{B}} = h$, будетъ:

$$\mathrm{L}^n = ph = \frac{p\mathfrak{M}}{\mathrm{B}}, \text{ откуда}$$

$$p = \frac{\mathrm{L}^n}{h} = \frac{\mathrm{L}^n \mathrm{B}}{\mathfrak{M}} \dots (2).$$

Также будетъ:

$$\mathrm{S} = \frac{n}{n+1} \mathrm{L}h = \frac{n}{n+1} \frac{\mathrm{L}\mathfrak{M}}{\mathrm{B}} \dots (3).$$

Отсюда имѣемъ:

$$n = \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{L}h - \mathrm{S}} = \frac{\mathrm{D}}{\mathrm{L}\mathfrak{M} - \mathrm{D}} \dots (4).$$

Такимъ образомъ найдемъ *указателя* строевой линіи и параметръ *ея*; вставя ихъ въ уравненіе (1), вмѣсто n и p, можемъ вычертить параболу, изображающую обводъ спрое-

*

вой линіи; но шакихъ параболъ можешъ быть безчисленное множесшво, если неизвѣсшно положеніе наибольшей абциссы $\frac{Ж}{B} = \lambda$, въ разсужденіи ординаты L.

Положеніе эшой абциссы зависишъ ошъ помѣщенія ценшра шяжесши сшроевой линіи, кошорый въ разсужденіи длины судна имѣешъ шо же положеніе, что и ценшръ величины.

Выше, § 31, мы показали способъ опредѣляшь мѣсшо ценшра величины по длинѣ. Пусшь ошсшояніе его ошъ средины длины къ носу равно a.

Опредѣлимъ положеніе абциссы λ въ разсужденіи ординаты L.

Черт. 44. Предположимъ, что сшроевая линія уже вычерчена.—AB представляешъ длину сшроевой линіи; C — средина ея длины; FG — наибольшая абцисса; AGB — обводъ сшроевой линіи; FK, FH — ошсшояніе ценшровъ шяжесши площадей AFG и BFG ошъ прямой FG.

Положимъ, что къ ценшрамъ шяжесши площадей AGB, AGF, BGF приложены силы, имъ пропорціональныя. — Возьмемъ моменты ихъ ошъ шочки C, будешъ:

$$AGB.CE = BFG.HC - AGF.KC.$$

Посшавимъ въ эшо уравненіе, вмѣсшо площадей, ихъ величины, зависящія ошъ наибольшихъ координашъ параболы и указашеля (3).

$$\frac{n}{n+1}AB.FG.CE=\frac{n}{n+1}BF.FG.CH-\frac{n}{n+1}AF.FG.CK,$$

откуда

$$AB.CE=FB.CH-AF.CK;$$

но $HC=\frac{n+1}{2(n+2)}BF+CF$; $CK=\frac{n+1}{2(n+2)}AF-CF$, то

$$AB.CE=\frac{n+1}{2(n+2)}\overline{BF}^2+BF.CF-\frac{n+1}{2(n+2)}\overline{AF}^2+CF.AF.$$

$$=-\frac{n+1}{2(n+2)}(\overline{AF}^2-\overline{BF}^2)+CF(AF+BF)$$

$$=-\frac{n+1}{2(n+2)}(AF+BF)(AF-BF)+CF.AB;$$

но $AF+BF=AB$, и $AF-BF=2CE$,

$AB.CE=-\frac{n+1}{2(n+2)}.AB.2CF+CF.AB$, или

$CE=1\left(-\frac{n+1}{2(n+2)}\right)CF$.—Положивъ $CE=a$; $CF=\kappa$,

будетъ отстояніе наибольшей абциссы λ, или мидель-шпангоута отъ средины къ носу

$$\kappa=a\,(n+2)\;.\;.\;.\;.\;(5).$$

Теперь, проведя на чертежѣ прямую, равную длинѣ стросвой линіи, положимъ отъ средины ея къ носу разстояніе, равное κ; по перпендикуляру, возставленному изъ этой точки, положимъ прямую, равную λ. Такимъ образомъ полученная точка будетъ вершина параболы, коей указатель n; наибольшая абцисса $\lambda=\frac{\mathfrak{M}}{B}$; наибольшая носовая ордината

$=\frac{1}{2}L - \kappa = L'$; наибольшая кормовая ордината $=\frac{1}{2}L+\kappa=L''$; носовой параметръ $p=\frac{L'^n}{h}$.

$Log. p = n. Log. L' - Log. h$. Кормовой параметръ $p' = \frac{L''^n}{h}$, $Log. p' = n. Log. L'' - Log. h$.

Имѣя такія данныя, носовая часть строевой линіи вычертится, по уравненію

$$Log. y = \frac{Log. p + Log. x}{n}$$

а кормовая по уравненію:

$$Log. y = \frac{Log. p' + Log. x}{n}$$

Давая произвольныя величины для x, наприм. 1, 2, 4, 6 и т. д. футъ, опредѣлимъ соотвѣтственныя имъ ординаты y, и можемъ построить нѣсколько точекъ строевой линіи. Разумѣется чѣмъ болѣе будетъ опредѣлено ординатъ, тѣмъ лучше.

§ 204. Когда обводъ строевой линіи опредѣлится, то, проведя проекціи шпангоутовъ, смѣряемъ части ихъ, заключенныя между обводомъ строевой линіи и наибольшею ея ординатою; умноживъ эти разстоянія на ширину судна, получимъ площади соотвѣтствующихъ шпангоутовъ.

Обводы шпангоутовъ также могутъ быть образованы параболами. Площади ихъ найдутся по строевой линіи; обводъ грузовой ватер-

линіи ограничитъ ихъ наибольшія ширины; глубина судна представитъ въ каждомъ изъ нихъ другую наибольшую ординату.

Наибольшія ординаты мидель-шпангоута суть B и H; площадь его $= \mathfrak{M}$; будетъ указатель $m = \frac{\mathfrak{M}}{BH - \mathfrak{M}}$; параметръ $p = \frac{H^m}{\frac{1}{2}B} =$

$$\text{Log. } p = \text{Log. } 2 + m. \text{ Log. } H - \text{Log. } B.$$

По формулѣ $\text{Log. } y = \frac{\text{Log. } p + \text{Log. } x}{m}$, опредѣлятся нѣсколько ординатъ мидель-шпангоута; а по нимъ уже можно вычертить и самый обводъ.

Площадь грузовой ватерлиніи $=$ W; наибольшія координаты будутъ L, B; указатель

$$\omega = \frac{W}{LB - W}.$$

Означивъ чрезъ L', L'', носовую и кормовую длины грузовой ватерлиніи; p', p'' — носовой и кормовой параметры, имѣемъ:

$$p' = \frac{L'^{\omega}}{\frac{1}{2}B}, \text{ Log. } p' = \text{Log. } 2 + \omega. \text{ Log. } L - \text{Log. } B.$$

$$p'' = \frac{L''^{\omega}}{\frac{1}{2}B}, \text{ Log. } p'' = \text{Log. } 2 + \omega. \text{ Log. } L'' - \text{Log. } B.$$

Обводъ грузовой ватерлиніи вычертится по тому же уравненію

$$\text{Log. } y = \frac{\text{Log. } p' + \text{Log. } x}{\omega}.$$

Вычертивъ грузовую ватерлинію, проведемъ шпангоуты, назначенные на строевой линіи; части ихъ, заключенныя между осью грузовой и ея обводомъ, изобразятъ наибольшія ихъ абциссы.

Пусть R площадь какого либо шпангоута; b — наибольшая абцисса; H — наибольшая ордината.

Указатель s и параметръ p найдутся по формуламъ

$$s = \frac{R}{bH - R},\ p = \frac{H^s}{b},\ \text{Log.}p = s.\text{Log.H} - \text{Log.}b.$$

Обводъ шпангоута можно вычертить по уравненію

$$\text{Log. } y = \frac{\text{Log. } p + \text{Log. } x}{s}.$$

Подобнымъ образомъ можно вычертить и прочіе шпангоуты. Только нужно замѣтить, что при указателяхъ большихъ единицы должно вершину параболъ полагать на грузовой ватерлиніи; а если указатель меньше единицы, то вершина параболы будетъ при килѣ, и тогда уже за ординату брать, полуширину шпангоута, а за абциссу — глубину.

Также, если нѣкоторые шпангоуты въ носу до верхней кромки киля не доходятъ, а оканчиваются у задней кромки стема, тогда за наибольшую ихъ абциссу должно брать от-

стоянія пресѣченій ихъ съ заднею кромкою стема до грузовой ватерлиніи.

Когда обводы всѣхъ шпангоутовъ извѣстны, то назначивъ ватерлиніи на корпусѣ, уже легко можно получить ихъ на полуширотѣ. И тогда подводная часть судна будетъ совершенно образована.

§ 205. Можно вычертить обводы судна и помощію линіи горизонтальныхъ сѣченій.

Ежели по проекціямъ ватерлиній на боку положимъ число линейныхъ футъ равное числу квадратныхъ футъ, содержащихся въ площадяхъ соотвѣтствующихъ ватерлиній, то кривая линія, проходящая чрезъ полученныя такимъ образомъ точки, будетъ *линія горизонтальныхъ сѣченій.*

Пусть $\frac{D}{F}$ представляетъ площадь строевой линіи горизонтальныхъ сѣченій, F — какое либо взятое по произволенію количество.

Одна изъ наибольшихъ ординатъ этой линіи будетъ глубина H, а другая $=\frac{W}{F}$. Положимъ, что $F=\frac{W}{L}$, такъ, что $L=\frac{W}{F}$; тогда наибольшими координатами строевой линіи горизонтальныхъ сѣченій будетъ L, H; площадь $T=\frac{D}{F}$; указатель $d=\frac{T}{LH-T}$.

Если К представляетъ разность водоизмѣщеній, то будетъ:

Водоизмѣщеніе носовой части, считая отъ *средины* $=\frac{1}{2}(D+K)=D'$.

Водоизмѣщеніе кормовой части считая отъ средины $=\frac{1}{2}(D-K)=D''$.

Носовая площадь строевой линіи горизонтальныхъ сѣченій $=\frac{D'}{F}=T'$.

Кормовая площадь той же линіи $=\frac{''D}{F}=T''$.

Указатель въ носовой части $d=\frac{T'}{\frac{1}{2}LH-T'}$.

Указатель въ кормовой части $d'=\frac{T'}{\frac{1}{2}LH-T''}$.

Имѣя указателя и наибольшія координаты, уже легко можно вычертить самую строевую линію горизонтальныхъ сѣченій, въ носу и въ кормѣ.

Для скорости хода и остойчивости, какъ видѣли въ § 50 и 81, полезно дѣлать вершину строевой линіи горизонтальныхъ сѣченій, при грузовой ватерлиніи.

Части проекцій ватерлиній на боку, заключенныя между обводомъ строевой линіи и перпендикуляромъ, *проходящимъ чрезъ средину* длины, умноженныя на постоянное количество F, покажутъ площади носовыхъ и кормовыхъ ватерлиній.

Когда имѣемъ обводъ мидель-шпангоута, то опредѣлятся наибольшія абциссы ватерлиніи, а для полученія наибольшихъ ординатъ, должно снять отстоянія точекъ пресѣченія проекцій ихъ на боку, со стемомъ, или лучше съ берденъ-линіею до средины судна; имѣя же площади ватерлиній и наибольшія ихъ координаты, найдемъ ихъ указателя, параметры, и можемъ вычертить самые обводы.

§ 206. Принимая линію вертикальныхъ сѣченій за параболу, которой площадь D, длина L, ширина $\mathfrak{B}$, указатель r, имѣемъ:

$$D=\frac{r}{r+1}L\mathfrak{B}=\frac{r}{r+1}\cdot\frac{m}{m+1}LBH.$$

Положивъ $\frac{rm}{r+m+1}=\delta$, имѣемъ $rm=\delta(r+m+1)$.

Вставляя вмѣсто равныхъ равныя, получимъ:

$$D=\frac{\delta(r+m+1)LBH}{(r+m+1)\delta+(r+m+1)}=\frac{\delta}{\delta+1}LBH.$$

Откуда найдется:

$$\delta=\frac{D}{LBH-D}.$$

Количество δ, показывающее зависимость водоизмѣщенія, отъ величины трехъ главныхъ размѣреній, называется указатель *водоизмѣщенія.*

Прилагая тоже самое къ линіи горизонтальныхъ сѣченій, имѣемъ:

$$D=\frac{d}{d+1}\,HW=\frac{d}{d+1}\cdot\frac{d}{\omega+1}LBH=\frac{d\omega}{(d+1)(\omega+1)}LBH;$$

слѣдовательно

$$\frac{rm}{(r+1)(m+1)}=\frac{d\omega}{(d+1)(\omega+1)}=\frac{\delta}{\delta+1}.$$

Вотъ уравненіе, показывающее зависимость главныхъ указателей судна; оно можетъ служить повѣркою въ опредѣленіи ихъ прежде сочиненія чертежа.

Способъ прогрессическій.

§ 207. Такъ называется способъ образованія обводовъ судна помощію кривой линіи *прогрессики.*

Построеніе этой кривой весьма просто.
Черт. 45 Пусть AB, AC представляютъ наибольшія координаты, *наприм. ватерлиніи,* требуется вычертить прогрессику, проходящую чрезъ точки B, C.

Прямую AB, основаніе кривой линіи, раздѣлимъ на нѣсколько равныхъ частей; изъ точекъ дѣленія возставимъ перпендикуляры: *ae*, *bf*, *cg* и проч.

Черт. 46. Проведемъ, произвольной величины, прямую EF, раздѣлимъ ее въ точкахъ *m*, *n*, *o*, *p*, такъ, чтобы части E*m*, *nm*, *no*, *op* и проч. были въ содержаніи ординатъ параболы 2-й степени, т. е. составляли между собою ариѳметическую прогрессію, которой первый членъ E*m*,

разность 2, такъ, что $mn = Em + 2Em$; $no = mn + 2Em$; $op = no + 2Em$ и т. д.; число частей равно числу разстояній, на которыя раздѣлена прямая AB (черт. 45).

На прямой EF составимъ равносторонный треугольникъ EFG; вершину его G съ точками m, n, o, p, q соединимъ прямыми Gm, Gn, Go, Gp, Gq.

Назначимъ по линейкѣ величину прямой AC; положимъ ее на треугольникъ EFG, такъ, чтобы точки A и B находились на прямыхъ EG, FG; замѣтимъ точки e', f', g', h' пресѣченія прямыхъ Gm, Gn и проч. съ линейкою; снявъ разстоянія $A'e'$, $A'f'$, $A'g'$ и проч., положимъ ихъ по соотвѣтствующимъ ординатамъ Ae, bf, cg, dh и проч. Чрезъ назначенныя такимъ образомъ точки e, f, g, h и проч., проведенная кривая линія будетъ *прогрессика*.

§ 208. Очевидно, что линейкѣ $A'C'$, лежащей точками A', C', на сторонахъ GE, GF, можно дать безчисленное множество положеній, и имѣть столько же прогрессикъ, проходящихъ чрезъ точки B, C, которыхъ наибольшія координаты AC, AB. Черт. 45.

Между полученными такимъ образомъ кривыми замѣчается два рода:

1). Когда линейка составляетъ меньшій

уголъ со стороною GF, тогда получаются прогрессики, имѣющія одну только кривизну.

2). Если та же линейка болѣе наклонна къ сторонѣ CE, отъ которой дѣленіе начинается, то прогрессика будетъ имѣть точку перегиба. Наприм. положи въ линейку по направленію PQ, получимъ кривую CHB.

Наконецъ, когда линейка положена на треугольникъ параллельно основанію, прогрессика превращается въ параболу 2-й степени. По мѣрѣ уменьшенія угла GA'C', площади прогрессикъ перваго рода будутъ увеличиваться, и когда A'C' совмѣстится съ GF, тогда обводъ прогрессики превратится въ прямоугольникъ, составленный изъ AC и AB.

Обводы прогрессикъ втораго рода, по мѣрѣ уменьшенія угла GPQ, будутъ приближаться къ совмѣщенію съ прямыми AB, AC; площади ихъ, содержимыя въ координатахъ AB, AC, будутъ уменьшаться.

Таковое измѣненіе прогрессики доставляетъ возможность употребить ее при сочиненіи чертежей всѣхъ возможныхъ судовъ отъ самаго малаго катера до 3-хъ-дечнаго корабля.

§ 209. Геометрическое строеніе прогрессики было извѣстно еще во времена Дюгамеля, славнаго Французскаго кораблестроителя, жившаго въ прошломъ столѣтіи. Съ того вре-

мени даже до нынѣ Французскіе чертежи образовываютъ по этой линіи.

Лучшіе корабли Русскаго флота, считаются, 84-хъ-пушечные. — Всѣ они образованы по законамъ той же линіи. Вообще отличныя качества подобныхъ судовъ и въ другихъ Государствахъ ясно доказываютъ пользу образованія обводовъ судна, помощію прогрессики.

При одинакихъ элементахъ можно образовать обводы судна различными кривыми линіями; та изъ нихъ будетъ лучше, которая удобнѣе можетъ раздѣлять воду. Этому условію удовлетворяетъ прогрессика. Она, распространяя свою кривизну по всей длинѣ, и образуя обводы правильно и пріятно, можетъ быть почитаема самою выгоднѣйшею для скораго хода. Кромѣ того, она доставляетъ приличную полноту оконечностямъ: отъ чего уменьшается перегибъ, и судно менѣе зарывается и теряетъ скорости хода на морѣ взволнованномъ.

Но замѣтить должно, что при всей плодовитости и удобности, прогрессика тогда только можетъ быть совершенно полезна, когда будетъ извѣстенъ способъ начертанія обводовъ ея по данной площади. Иначе, при сочиненіи чертежа, должны происходить частыя передѣлки, поправки, которыя весьма

много замедляютъ работу. По этой причинѣ изысканіе аналитическаго уравненія прогрессики и ея площади въ выраженіяхъ простыхъ удобоприложимыхъ доставитъ сочиненію чертежей весьма великую пользу.

§ 210. Въ ожиданіи дальнѣйшихъ изслѣдованій прогрессики въ аналитическомъ отношеніи, предлагаемъ простой практическій способъ вычерчивать эту кривую по данной площади.—Конечно онъ не имѣетъ математической точности, но это кажется вознаграждается его простотою.

Черт. 46. Проведемъ на треугольникѣ EFG прямую MN, параллельную A'C'.

Изъ подобія треугольниковъ GC'h', GMK, имѣемъ:

$$GC' : GM = C'h' : MK;$$

также $GC' : GM = A'C' : MN$, откуда

$$C'h' : MK = A'C' : MN, \text{ или}$$

$$C'h' : A'C' = Mк : MN.$$

Подобнымъ образомъ докажемъ, что

$$C'g' : A'C' = Ml : MN.$$

Пусть ординаты прогрессики, происходящей отъ A'C', равны a, b, c, d и проч.; ординаты прогрессики MN равны r, s, t, u и проч. $A'C' = B$, $MN = C$.

Площ. прогрессики $AC = S = (\frac{1}{2}B + a + b + c + d + .)m$.

Площ. прогрессики $MN = T = (\frac{1}{2}C + r + s + t + u + .)n$.

Пусть длины или основанія прогрессикъ

AC и MN равны K, L; положимъ, что число частей на треугольникѣ p будетъ $m=\frac{K}{p}$, $n=\frac{L}{p}$ имѣемъ:

$$S=\left(\frac{1}{2}+\frac{a}{B}+\frac{b}{B}+\frac{c}{B}+..\right)\frac{KB}{p},$$

$$T=\left(\frac{1}{2}+\frac{r}{C}+\frac{s}{C}+\frac{t}{C}+..\right)\frac{CL}{p},$$ отсюда

$$\frac{S}{KB}=\left(\frac{1}{2}+\frac{a}{B}+\frac{b}{B}+\frac{c}{B}+..\right)\frac{1}{p},$$

$$\frac{T}{CL}=\left(\frac{1}{2}+\frac{s}{C}+\frac{r}{C}+\frac{t}{C}+..\right)\frac{1}{p}.$$

Но по положенію $a:B=r:C$, $b:B=s:C$, и т. д., т. е. $\frac{a}{B}=\frac{r}{C}$; $\frac{b}{B}=\frac{s}{C}$, и т. д.

Слѣдовательно

$$\frac{S}{KB}=\frac{T}{CL};$$

но KB и CL представляютъ прямоугольники прогрессикъ, коихъ площади S, T, а наибольшія ширины $A'C'=B$, $MN=C$.

Отсюда заключимъ: *Если даны двѣ прогрессики, полученныя отъ двухъ прямыхъ, на треугольникѣ, параллельныхъ между собою, то отношенія площадей прогрессикъ къ ихъ прямоугольникамъ будутъ одинаковы, не смотря на то, какія бы ихъ размѣренія не были.*

22.

Слѣдовательно, вычисливъ такія отношенія площадей прогрессикъ, при различныхъ углахъ наклоненія, можно будетъ вычерчивать прогрессику всякой площади. Въ слѣдующей таблицѣ означены отношенія и соотвѣтствующіе имъ углы.

ТАБЛИЦА № 23.

Прогрессика одной кривизны.		*Прогрессика съ перегибомъ.*	
Углы.	Отношенія.	Углы.	Отношенія.
60°	0,66	30°	0,45
70°	0,68	20°	0,48
80°	0,71	15°	0,50
90°	0,74	10°	0,55
100°	0,78	9°	0,56
105°	0,80	8°	0,57
110°	0,84	7°	0,585
115°	0,88	6°	0,61
$117\frac{1}{2}$°	0,93	5°	0,64
119°	0,97	4°	0,68
$119\frac{1}{2}$°	0,585	3°	0,72
		2°	0,76
		1°	0,83
		$\frac{1}{2}$°	0,90

Положимъ, что требуется вычертить прогрессику, въ которой бы отношеніе площади

к... прямоугольнику изъ наибольшихъ орди-
натъ было 0,74. Для этого длину данной ли-
нiи раздѣлю на столько частей, сколько ихъ
на треугольникѣ; изъ точекъ дѣленiя возста-
вимъ перпендикуляры; снимемъ, на линейку,
ширину данной линiи, положимъ се на тре-
угольникахъ, такъ, чтобъ она составляла со
стороною EG уголъ въ 90°, и чтобъ концы
ширины лежали на сторонахъ EG, FG.—От-
стоянiя точекъ пресѣченiя, линейки съ пря-
мыми Gm, Gn и проч.; отъ пресѣченiя ея со
стороною FG покажутъ величины ординатъ
искомой кривой линiи,— Положивъ эти раз-
стоянiя отъ основанiя прогрессики по соот-
вѣтствующимъ перпендикулярамъ, получимъ
точки, чрезъ которыя пройдетъ прогрессика
данной площади.

§ 211. Помощiю прогрессики одной кривизны
можно образовать носовыя ватерлинiи. Строе-
вая линiя горизонтальныхъ сѣченiй, мидель-
шпангоутъ и кормовыя ватерлинiи, могутъ
быть вычерчены прогрессикою съ перегибомъ.

Если L' длина носовой части отъ средины;
H—глубина; W'— площадь носовой грузовой,
то $\frac{W'}{L'}$ будетъ наибольшая длина носовой
строевой линiи горизонтальныхъ сѣченiй.

Условiя килевой качки требуютъ однообра-
зiя грузовой ватерлинiи въ носу и въ кормѣ

этому не противурѣчатъ скорый ходъ и остойчивость, слѣдовательно обводы той линіи, въ носу и въ кормѣ, можно дѣлать однообразными. По этому $\frac{W'}{L'}$ представитъ длину кормовой строевой линіи.

Носовое водоизмѣщеніе D', кормовое D'', будетъ площадь строевой линіи, въ носу $\frac{D'}{L'}$, въ кормѣ $\frac{D''}{L'}$. Отношеніе каждой изъ этихъ площадей къ прямоугольнику изъ $\frac{W'}{L'}$ и H, равному $\frac{W'H}{L'}$, будетъ: въ носовой части $=\frac{D'}{W'H}$, въ кормовой части $=\frac{D''}{W'H}$.

Имѣя отношенія, должно въ таблицѣ пріискать соотвѣтствующіе имъ углы *для прогрессики съ перегибомъ* (*), *а потомъ уже* не трудно вычертить и самый обводъ строевыхъ линій горизонтальныхъ сѣченій въ носу и въ кормѣ.

(*) Положеніе центра величины зависитъ отъ образованія строевой линіи горизонтальныхъ сѣченій; и для приближенія этого центра къ грузовой ватерлиніи, лучше дѣлать обводъ строевой линіи помощію прогрессики, съ перегибомъ которой вершина при грузовой ватерлиніи.

Части проекцій ватерлиній, заключенныя между обводомъ строевыхъ и перпендикуляромъ, проходящимъ чрезъ средину, умноженныя на L', покажутъ площади ватерлиній.

Длина ватерлиній равняется отстояніямъ пресѣченій ихъ со штуцами штевней, до средины длины. Для полученія наибольшихъ ширинъ ватерлиній, нужно вычертить обводъ мидель-шпангоута: что также можно сдѣлать помощію прогрессики съ перегибомъ, принимая вершину ея, покрайней мѣрѣ, на 2 фута ниже грузовой ватерлиніи.

Найдя наибольшія координаты и площади ватерлиній, получимъ и отношенія, а по нимъ уже вычертимъ и самые обводы ватерлиній. Такимъ образомъ обводы подводной части будутъ вычерчены.

На чертежѣ 47 изображенъ масштабъ для прогрессики одной кривизны, посредствомъ коего можно найти углы, соотвѣтствующіе различнымъ отношеніямъ.

На чертежѣ 48 показанъ такой же масштабъ для прогрессики съ перегибомъ.

Эллипсическій способъ.

§ 212. Опыты Тевенарда, приведенные въ § 68, доказываютъ, что на кривообразные обводы судна сопротивленіе менѣе, нежели на

прямые и что эллипсоидъ, движимый по направленію большой оси изъ всѣхъ тѣлъ, получалъ меньшее сопротивленіе. Это заставляетъ думать, что эллипсическія линіи съ большею пользою могутъ быть употреблены при образованіи носовой части судна.

Черт. 49. На произвольно взятой прямой AB напишемъ четверть круга ABC; раздѣлимъ AB на нѣсколько равныхъ частей, AD, DE и проч.; изъ точекъ D, E, F и проч. на прямой AB поставимъ перпендикуляры; изъ точекъ пресѣченія ихъ съ дугою BC на прямую AC опустимъ перпендикуляры $a1$, $b2$, $c3$, $d4$ и т. д.; такимъ образомъ прямая AC раздѣлится въ содержаніи ординатъ эллипсиса 2-й степени. Въ самомъ дѣлѣ, возмемъ произвольной величины *прямую AB', раздѣлимъ ее на столько* же равныхъ частей, на сколько раздѣлена AB; изъ точекъ дѣленія возставимъ перпендикуляры; кривая линія $a' b' c' d' f'$ B', проходящая чрезъ точки встрѣчи этихъ перпендикуляровъ съ продолженными прямыми $a1$, $b2$, $c3$, $d4$ и т. д., будетъ имѣть образованіе обыкновеннаго эллипсиса 2-й степени.

Черт. 50. Прямую HK, равную AC, раздѣлимъ также, какъ раздѣлена AC; составимъ равносторонный треугольникъ HKL; проведемъ прямыя L1, L2, L3, L4 и проч.

Посредствомъ этого треугольника можно вычертить безчисленное множество эллипсическихъ линій, подобнымъ образомъ, какъ поступали при начертаніи прогрессикъ.

Доказанное въ § 210 свойство прогрессическаго треугольника, и здѣсь можетъ быть приложено. Слѣдующая таблица показываетъ отношенія площадей эллипсическихъ линій, одной кривизны, къ своимъ прямоугольникамъ при различныхъ углахъ наклоненія.

ТАБЛИЦА № 24.

Углы съ KL.	Отношенія.	Углы съ KL.	Отношенія.
10°	0,92	40°	0,81
20°	0,88	50°	0,78
30°	0,85	60°	0,76

На чертежѣ 51 показано образованіе эллипсическихъ линій, изъ коихъ верхнія, одной кривизны, получаются, когда линейка составляетъ острые углы со стороною KL; а нижнія— когда та же линейка полагается наклонно къ сторонѣ HL. Таблица относится къ первымъ потому, что послѣднія, кажется, не годятся для образованія корабля.

На чертежѣ 52 показанъ масштабъ для вычерчиванія эллипсическихъ линій, одной кривизны.

Эллипсическія линіи могутъ быть годны для образованія носовыхъ ватерлиній, для чего онѣ могутъ быть даже выгоднѣе прогрессики, особенно для судовъ полныхъ. Тѣми же линіями могутъ быть образованы мидель-шпангоуты плоскодонныхъ судовъ.

ГЛАВА XV.

Правила для образованія надводной части.

§ 213. Опредѣляя *условія* качествъ, мы видѣли, что образованіе надводной части и приличная соразмѣрность величины ея съ подводною, имѣютъ великое вліяніе на совершенство судна:

1) Для остойчивости нужно уменьшать *величину* надводной части и дѣлать ее прямостѣнною, до наибольшаго угла наклоненія.

2) Нужно уменьшать *высоту* надводной части, для того, чтобы ослабить дѣйствіе боковой силы вѣтра на корпусъ судна и чрезъ то уменьшить дрейфъ.

3) Для облегченія килевой качки, должно оконечности надводной части, близъ грузовой ватерлиніи, дѣлать не слишкомъ полными, равнообразными и уменьшать вѣсъ ихъ.

4) Для боковой качки нужно дѣлать надводную часть по возможности выше и прямостѣнною, до наибольщаго угла наклоненія.

5) Крѣпость требуетъ увеличенія высоты надводной части и уменьшенія вѣса ее, въ концахъ.

Наконецъ 6) для приличнаго размѣщенія и удобнаго дѣйствія артиллеріи, нужно увеличивать высоту и ширину надводной части.

При сочиненіи чертежа должно стараться удовлетворить каждому изъ этихъ требованій. Но принимая въ разсужденіе, что артиллерія составляетъ главнѣйшій элементъ судна; и что для выполненія первыхъ 5-ти условій, есть средства другія, болѣе дѣйствительныя; должно въ особенности имѣть въ виду послѣднее условіе, т. е. чтобы надводную часть во всѣхъ отношеніяхъ приспособить къ удобнѣйшему дѣйствію артиллеріею, во всякое время.

§ 214. Выше видѣли (§ 185), что удобному дѣйствію нижней батареи много способствуетъ твердая остойчивость. Для того высота портовъ гондека отъ воды въ корабляхъ должна быть не менѣе $5\frac{1}{2}$ футовъ, а во фрегатахъ не менѣе 7-ми футовъ.

Кромѣ того постановленіе пушекъ извѣстнаго калибра требуетъ особенной ширины палубъ и высоты самыхъ дековъ (§ 188).

Принявъ въ соображеніе подобныя обстоятельства, найдемъ:

Для 3-хъ-дечнаго корабля.	ф.	д.
Высота гондекъ-палубы отъ грузовой	2	10
——— самаго гондека	7	8
——— мидель-дека	7	8
——— опердека	7	6
——— борта надъ шкафутомъ. . . .	5	0
Высота надводной части .	30	8

Подобнымъ образомъ найдется высота надводной части:

	ф.	д.
2-хъ-дечнаго корабля	=23	6
52-хъ-пуш. фрегата	=16	8

§ 215. *Для* удобнѣйшаго дѣйствія орудій соблюдается между ними достаточный просторъ; а *чтобы это не мѣшало и работамъ* при управленіи корабля, нужно довольно мѣста, между вдвинутыми въ корабль пушками и люками. Этимъ условіемъ мы опредѣлили наибольшую ширину судна при грузовой ватерлиніи, которая равна ширинѣ гондека при срединѣ.

Въ носу и въ кормѣ палубы должны удовлетворять тому же условію, и слѣдовательно имѣть такую же ширину, какъ при срединѣ. Но какъ ширина грузовой ватерлиніи при шпангоутахъ, прилежащихъ послѣднимъ боковымъ портамъ, въ носу и въ кормѣ бываетъ около $\frac{1}{4}$ ширины *при срединѣ: то обводы* крайнихъ шпангоутовъ отъ грузовой до гондека

будутъ слишкомъ наклонны къ горизонту, и несогласны съ обводами подводными. — Итакъ чтобы удовлетворить первому обстоятельству и избѣжать послѣдняго неудобства, ширина гондека въ носу и въ кормѣ, при послѣднихъ боковыхъ портахъ, должна быть около $\frac{2}{3}$ наибольшей ширины.

§ 215. Излишняя полнота обводовъ горизонтальныхъ сѣченій между грузовой и гондекомъ увеличиваетъ удары, претерпѣваемые кораблемъ во время килевой качки, и потому должно ее избѣгать. Особенно вредно увеличивать полноту тѣхъ обводовъ въ кормѣ, нарушая равнообразіе ихъ съ носовыми, тогда судно подвергается всей жестокости килевой качки, зарывается и много теряетъ въ скорости хода.

Съ другой стороны, излишняя острота носа и кормы, около грузовой, уменьшая остойчивость судна въ разсужденіи оси ширины, во время хода будутъ безпрестанно погружаться и зарываться. Слѣдовательно, образуя надводные обводы шпангоутовъ, должно наблюдать, чтобъ они въ носу и въ кормѣ составляли съ грузовою ватерлиніею углы равные, не слишкомъ наклонные, и сколь можно болѣе согласовались съ кривизною обводовъ подводныхъ. Для этого нужно избѣгать излишней остроты ватерлиній въ носу и въ кормѣ, и до-

ставлять приличное возвышеніе палубы въ оконечностяхъ предъ срединою.

Вообще, въ образованіи надводныхъ шпангоутовъ соблюдать возможную правильность и согласіе съ подводными, избѣгая всякаго рода скулъ, крутыхъ перегибовъ и т. п.

§ 216. Ширина другихъ палубъ зависитъ отъ уклона топтимберса мидель-шпангоута, который на вышинѣ шкафута бываетъ, обыкновенно, около $\frac{1}{6}$ части наибольшей ширины.

Почти для всѣхъ качествъ необходимо, чтобы общій центръ тяжести судна находился на грузовой ватерлиніи. Чтобъ понизить этотъ центръ, сколь можно облегчаютъ вѣсъ надводной части и съ тою же цѣлію уменьшаютъ ширину надводныхъ обводовъ шпангоутовъ, выше гондека, дѣлая уклонъ топтимберсовъ, т. е. уклоняя шпангоуты внутрь. На самомъ дѣлѣ этотъ уклонъ нисколько не увеличиваетъ остойчивости, но можетъ ее уменьшить, если онъ начинается близко къ грузовой ватерлиніи. Съ уменьшеніемъ уклона топтимберса, палубы выйдутъ просторнѣе пушки и стѣна отъ діаметральной плоскости далѣе;—все это доставитъ лучшую удобность для дѣйствія артиллеріи, увеличитъ моментъ инерціи корабля въ разсужденіи оси длины, отъ чего боковая качка будетъ правильнѣе и спокойнѣе. Слѣдовательно уменьше-

ніе уклона топтимберса мидель-шпангоута было бы весьма полезно.

§ 218. Обводъ топтимберса зависитъ болѣе отъ вкуса; его можно образовать различнымъ образомъ.

Способъ 1-й.

Пусть AB, вышина топтимберса или разсто- Черт. 53.
яніе отъ гондека до шкафута; BC—уклонъ.— Чрезъ точки A и C долженъ проходить обводъ топтимберса.

Чрезъ точку C проведемъ CD, параллельную AB; на AD начертимъ полукругъ AED; раздѣлимъ его на произвольное число равныхъ частей въ точкахъ F, E, G; раздѣлимъ CD на столько равныхъ частей, на сколько раздѣленъ полукругъ; изъ точекъ F, E, G, *f*, *e*, *g* къ прямымъ AD, CD возставимъ перпендикуляры FH, *f*H; EK, *e*K; GL, *g*L; чрезъ точки встрѣчи H, K, L этихъ перпендикуляровъ пройдетъ согласная кривая линія AHKLC, которую можно принять за обводъ топтимберса мидель-шпангоута.

Способъ 2-й.

AB—длина топтимберса; BC—уклонъ. Проведемъ EF, параллельную CD и отстоящую отъ нее на произвольное разстояніе DE; примемъ ее за асимптоту конхойды, проходящей чрезъ точки A, C. Чѣмъ болѣе DE, тѣмъ обводъ

топтимберса будетъ ближе подходить къ прямой линіи.

Точкою C, какъ центромъ, радіусомъ CH=AE начертимъ дугу круга, пересѣкающую EF въ точкѣ H; проведемъ HCG; точка G будетъ фокусъ конхойды, проходящей чрезъ точки A,C. Чтобъ вычертить ее, проведемъ изъ фокуса G произвольное число прямыхъ G*m*, G*l*, G*к*; положимъ прямыя M*m*, L*l*, K*к*, равныя AE; кривая линія *AкlmC* представитъ обводъ конхойды, который можно принять за образованіе топтимберса мидель-шпангоута.

§ 219. Ширина шпангоута при послѣднемъ боковомъ портѣ, въ кормѣ *на вышинѣ шкафута*, бываетъ отъ 0,57 до 0,6 наибольшей ширины, болѣе или менѣе смотря по уклону топтимберса. Выше (§ 214) опредѣлили ширину того же шпангоута на вышинѣ гондека около $\frac{2}{3}$ ширины.

Такимъ образомъ, имѣя на кормовомъ шпангоутѣ, прилежащемъ послѣднему порту, двѣ точки, мы можемъ вычертить обводъ его выше гондека, также помощію конхойды.

Часть обвода того же шпангоута между грузовою ватерлиніею и гондекомъ можно вычертить по 1-му способу (§ 218), принимая за уклонъ BC, разность ширинъ шпангоута на вышинѣ гондека и при грузовой ватерли-

нія; а за высоту АС отстояніе гондека отъ той же линіи.

§ 220. Последніе шпангоуты, въ носу, отъ грузовой ватерлиніи, къ верху, идутъ въ развалъ, такъ, что ширина ихъ обводовъ въ верху бываетъ болѣе, нежели при гондекѣ. Это полезно: 1) для предохраненія отъ большихъ всплесковъ волнъ на бакъ; 2) для увеличенія простора палубы въ носу, и 3) для того, чтобы лапы якоря, при поднятіи изъ воды, не задѣвали стѣнъ.

Ширина обвода шпангоута, прилежащаго крайнему носовому порту на вышинѣ гондека, бываетъ около 0,66 наибольшей ширины, а въ верху увеличивается до 0,75 той же ширины. Обводъ этого шпангоута отъ гондека до верха можно вычертить помощію прогрессики.

§ 221. Теперь остается вычертить самые обводы палубныхъ линій, и въ кормѣ.— Для этого лучше всего идетъ прогрессика. Должно сперва опредѣлить на треугольникѣ прямыя, соотвѣтствующія шпангоутамъ, принадлежащимъ къ крайнимъ боковымъ портамъ, въ носу и въ кормѣ.

Потомъ, чтобъ вычертить, наприм. кормовой обводъ, должно длину палубы отъ примыканія ее, до миделя раздѣлить на столько равныхъ частей, сколько ихъ на треугольни-

кѣ; снять на линейку ширину палубы при срединѣ и на шпангоутѣ, прилежащемъ кормовому порту; положить линейку на треугольникъ, такъ, чтобъ назначенныя на ней точки находились на соотвѣтствующихъ линіяхъ на треугольникѣ. Такимъ образомъ получимъ ординаты палубной линіи, которыя, положивъ *по соотвѣтствующимъ ординатамъ на полуширотѣ*, получимъ точки, чрезъ которыя долженъ проходить обводъ палубной линіи.

Подобнымъ образомъ можно вычертить палубныя линіи въ носу.

Имѣя обводы палубныхъ линій на полуширотѣ, легко уже вычертить надводные *обводы* шпангоутовъ на корпусѣ, согласить ихъ съ подводными, и тѣмъ кончить образованіе надводной части.

Въ заключеніе остается *только помощію* способовъ, изложенныхъ въ I-мъ отдѣленіи, вычислить вѣрно всѣ главные элементы, что и будетъ служить совершеннымъ окончаніемъ чертежа.

ПРИЛОЖЕНІЕ

ПРЕДЪИДУЩИХЪ ПРАВИЛЪ КЪ СОЧИНЕНІЮ ФРЕГАТА 1-ГО РАНГА.

ИСЧИСЛЕНІЕ ВОДОИЗМѢЩЕНІЯ.

Артиллерія.

Изъ таблицы No 10 видно, что артиллерія для фрегата 1-го ранга должна быть:

На опердекѣ пушекъ 36-ти-фунт. длинныхъ		30.
На квартордекѣ и форкастелѣ:	пуш. 24 фун. длин.	6.
	корронадъ 36 фун.	6.
На шкафутѣ корронадъ 36-ти-фунт.	.	10.
	Итого орудій .	52.

Таблицы NNo 8 и 9 покажутъ вѣсъ:

		пуд.			
На опердекѣ пушекъ		= 369,4	×	30 =	11082,0.
На квартордекѣ и форкастелѣ:	пуш.	= 269,21	×	6 =	1615,26.
	коррон.	= 191,03	×	6 =	1146,18.
На шкафутѣ коррона д.		= 191,03	×	10 =	1910,30.

Вѣсъ всей артиллеріи съ 6-ти-мѣсячнымъ запасомъ огнестрѣльнаго снаряда . . . . = 15753,74 = A.

Балластъ.

Изъ § 59 количество балласта

$$Q = \frac{Aa}{q}.$$

A—представляетъ вѣсъ артиллеріи на палубахъ; a —отстояніе центра тяжести артиллеріи отъ гру-

зовой ватерлиніи; q — отстояніе центра тяжести балласта отъ той же линіи.

$$a = \frac{Rb + Sc}{R + S}$$

Въ § 162 найдено отстояніе центра тяжести артиллеріи отъ грузовой ватерлиніи:

R — представляетъ артиллерію на опердекѣ; b — отстояніе центра тяжести ея отъ грузовой ватерлиніи; S — артиллерія въ открытой батареѣ; c — отстояніе центра тяжести ея отъ той же линіи.

Изъ того же § извѣстно, что $b = \frac{1}{3} f + e$, гдѣ f — высота порта, e — отстояніе нижнихъ косяковъ портовъ при срединѣ, отъ воды.

Въ настоящемъ случаѣ высота портовъ опердека, отъ воды $e = 7$ футамъ . . . § 176.

Высота самыхъ портовъ на опердекѣ $f = 2$ фут. 9 д.

На верхней палубѣ $f = 3—6$, § 143. таблица No 13.

И потому отстояніе центра тяжести пушекъ отъ нижняго косяка порта будетъ:

на опердекѣ $\frac{1}{3} f = 11$ дюйм.

на верхней палубѣ $= 1—2$ дюйм.

Высота опердека 7 фут. 6 дюйм.; высота нижнихъ косяковъ портовъ надъ палубою 2 фут. 4 дюйм.; разность 5 фут. 2 дюйм., вмѣстѣ съ высотою портовыхъ косяковъ на шкафутѣ $= 10$ дюйм. равная 6-ти футамъ, покажетъ разстояніе между нижними косяками портовъ. Придавъ къ ней 7 фу-

товъ, получимъ 13 футовъ, — высота портовъ верхней палубы отъ воды.

Слѣдовательно $b = \frac{1}{3}f + e = 1^{ф.}1^{д.} + 7^{ф.} = 7$ фут. 11 дюйм.; $c = \frac{1}{3}f + e' = 1^{ф.}2^{д.} + 13^{ф.} = 14$ ф. 2 д.

Вѣсъ орудій на опердекѣ $= 248{,}01 \times 30 = 7440{,}30$ пуд., прибавляя по 25 ядеръ на каждую пушку . . . . . . $= 750$

$R = 8190{,}30$ пуд.

На верхней палубѣ:

Вѣсъ пушекъ $= 190{,}57 \times 6 = 1143{,}42$.

Вѣсъ 25 ядеръ на каждую пушку $= 103{,}2$.

Вѣсъ корронадъ $= 76{,}86 \times 16 = 1229{,}76$.

Вѣсъ 25 ядеръ на каждое орудіе 424

$S = 2900{,}38$ пуд.

$R + S = A = 11090{,}68$ пудовъ.

$Rb = 64701$.

$Sc = 41180$.

$$a = \frac{Rb + Sc}{R + S} = 9 \text{ фут.}$$

$105501 = Rb + Sc = Aa$.

Количество q для фрегатовъ бываетъ около 10 футовъ; слѣдовательно вѣсъ балласта

$$Q = \frac{Aa}{q} = 10588 \text{ пудовъ.}$$

Изъ § 16, $D = 2{,}561(6{,}1 + 5{,}2e + 5{,}8f)M + A + Q$.

Число людей на фрегатѣ 1-го ранга $M = 450$, § 24, $e = 6$, $f = 3$.

$(6{,}1 + 5{,}2e + 5{,}8f)M = 24615{,}0$.

$A = 15753$.

$Q = 10588$.

Сумма $= 50956$.

Умножить на 2,56.

D=130447,36 пудов. =2174,1 тон. =72470,7 куб. футовъ.

Водоизмѣщеніе безъ обшивки около $\frac{1}{20}$ части менѣе водоизмѣщенія съ обшивкою, т. е.

Водоизмѣщеніе безъ обшивки } $D' = D - \frac{1}{20}$. D=68847,2 куб. фут.

Главныя размѣренія.

Длина на вышинѣ опердека

$$L = an + (n + 2.5)b, \text{ § } 146.$$

Ширина порта a = 3 ф. — 5 д. = 3,41 фут., § 143, b=7,6 (§ 144); n=15 (таб. No 10). Найдется

L=176,55.

Длина по грузовой ватерлиніи

$$L = 4,1809 D^{0,3344}.$$

Log. D=4,83888
умножить на 0,3344

1,61812
Log. 4,1809=0,62117

Log. L=2,23909

L=173,5 длина грузовой ватерлиніи.

Изъ § 147 ширина опердека съ обшивкою

$$B = c + 2(d + e + t).$$

c=6,36; t=1,75; e=11,45; d=7, и потому B=46,76; безъ обшивки B=46,76—0,96=45,80 футовъ.

Также изъ § 149.

Ширина при грузовой ватерлиніи;

$$B = \frac{L^{0,8857}}{1,4063}.$$

$\text{Log. } L^{0,8857} = 1,80419.$

$\text{Log. } 1,4063 = 0,14898.$

Log. B=1,65521; B=45,21 ширина безъ обшивки при грузовой ватерлиніи.

Главныя площади:

Прямоугольникъ грузовой ватерлиніи LB=7843,93.

Отношеніе площади грузовой ватерлиніи къ своему прямоугольнику=0,88 (таб. No 15).

W=0,88. LB=6902,66= площадь грузовой ватерлиніи.

Площадь мидель-шпангоута бываетъ около $11\frac{1}{2}$ разъ менѣе площади грузовой ватерлиніи, и потому $\text{Ж} = \frac{W}{11,5} = 600,2$ = площадь мидель-шпангоута.

Отношеніе площади мидель-шпангоута къ своему прямоугольнику (таб. No 15), t=0,77.

$$\frac{\text{Ж}}{t} = \frac{600,2}{0,77} = 779,4 \text{ квад. фут.} = BH.$$

$\frac{BH}{B} = \frac{779,4}{45,2} = 17,2$ фут.=H глубина на мидель-шпангоутѣ.

Указатель мидель-шпангоута

$$m = \frac{\text{Ж}}{BH - \text{Ж}} = 3,349.$$

Указатель грузовой ватерлиніи

$$\omega = \frac{W}{LB - W} = 7,3.$$

Площадь строевой линіи вертикальныхъ сѣченій $S = \frac{D}{B} = 1522{,}809$ кв. футовъ.

Наибольшая абцисса $h = \frac{\mathfrak{X}}{B} = 13{,}27.$

Указатель строевой линіи

$$n = \frac{S}{Lh - S} = 1{,}95.$$

Разность водоизмѣщеній $K = \frac{D}{30}$ K 2268,2 куб. ф.

Водоизмѣщеніе носовой части $N = \frac{1}{2}D - \frac{1}{2}K = 35557.$

Водоизмѣщен. кормовой части $K = \frac{1}{2}D = \frac{1}{2}K = 33289.$

Отстояніе центра тяжести отъ средины къ носу, § 31:

$$a = \frac{L^2 \mathfrak{X}}{8D}\left(\frac{N}{2L\mathfrak{X} - N} - \frac{K}{2L\mathfrak{X} - K}\right) = 1{,}5.$$

Отстояніе мидель-шпангоута отъ средины къ носу $K = a(n+2) = 5{,}92.$

Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи, § 30:

$$g = \frac{W'H^2}{2D}\left(\frac{N}{2W'H - N} + \frac{K}{2W'H - K}\right) = 6{,}0 \text{ футовъ.}$$

Отстояніе метацентра отъ центра величины

$$e = \frac{\omega^3 B^3 L}{(1+\omega)(1+2\omega)(1+3\omega).2U} = 15,24.$$

Такимъ образомъ опредѣлимъ, прежде образованія чертежа, всѣ элементы фрегата.

Водоизмѣщеніе съ обшивкою D=72470,7 куб. ф.
=2174,1 тон.

Длина по грузовой ватѐрлиніи съ обшивкою . . . =174,1:

Ширина при грузовой съ обшивкою . . . . B=46,76.

Ширина грузовой безъ обшивки =45,21

Площадь грузовой ватерлиніи W =6962,66.

Площадь мидель-шпангоута Ж=600,2.

Указатель грузовой ватерлиніи . . . . . . ω=7,3.

Указатель мидель-шпангоута m=3,34.

Указатель строевой линіи шпангоутовъ . . . n=1,95.

Отстояніе центра тяжести отъ средины длины . . a=1,5.

Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи . g=6.

Отстояніе метацентра отъ центра величины . . e=15,24.

Отстояніе метацентра отъ грузовой ватерлиніи . $e-g$=9,24.

Объемъ нашего изложенія не позволяетъ описывать, подробно, всѣ практическіе пріемы и сноровки, которые нужно наблюдать при начертаніи обво-

довъ; впрочемъ, это дѣло навыка,— стоитъ только обратить вниманіе. Помощію изложенныхъ выше правилъ, уже нетрудно начертить, согласить чертежъ, и по окончаніи вычислить снова, дабы дѣйствительно удостовѣриться, что построенное судно совмѣститъ данные элементы, а слѣдовательно и качества, отъ нихъ зависящія.

КОНЕЦЪ.

ТАБЛИЦА № 25.

ГЛАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛИНЕЙНЫХЪ КОРАБЛЕЙ.

	Корабли:	E.	B.	H.	D.	ℳ.	W.	m.	ω.	n.	a.	1+0.	g.	e.
		Футъ.	Футъ.	Футъ.	Куб. фут.	Кв. футъ.	Кв. футъ.							
120	Варшава	205,89	55,64	22,26	170000,4	1100,9	10261,0	8,0	8,58	3,0	3,45	17,16	9,19	14,18
120	Нептунъ (Англійскій)	205,5	54,40	22,25	156146,5	998,6	9838,9	4,71	7,4	3,19	2,07	10,74	9,13	13,55
120	Шведскій	205,95	56,50	22,10	155145,7	1043,6	10221,2	5,09	7,22	2,59	3,30	16,08	8,71	15,05
120	Храбрый	201,6	52,4	21,6	146456,86	962,5	9478,0	5,67	8,72	3,08	2,04	10,36	8,78	13,57
110	Императоръ Александръ	197,16	53,08	21,33	148562,98	974,76	9303,9	6,24	8,0	3,4	2,97	16,03	8,30	13,2
110	Шведскій	209,5	56,2	21,9	152875,0	1019,2	10226,2	4,97	6,58	2,63	3,25	15,08	8,572	15,18
94	Шведскій	198,3	53,3	20,98	128297	906,9	9134,4	4,57	6,34	2,39	3,08	14,16	8,105	14,5
84	Императрица Екатерина	191,93	52,21	21,18	123082,5	890,6	8695,41	5,34	6,26	2,57	3,18	14,59	8,21	13,93
84	Императрица Марія	196,0	51,8	20,63	125143,9	865,5	8965,8	4,55	7,82	2,81	2,6	12,55	8,47	14,17
84	Императрица Александра	191,14	51,2	20,65	121220,9	891,6	8576,8	5,56	7,091	2,46	2,19	9,77	8,19	13,43
84	Азія	194,40	51,70	20,50	125252,5	858,7	8713,9	4,26	6,52	3,14	2,94	14,71	8,21	13,40
82	Индусъ (Англійскій)	188,20	50,42	21,90	130096,84	902,4	8490,9	4,47	8,50	3,27	1,84	9,70	8,68	12,23
80	Іезекіиль	176,70	49,33	19,40	102154,38	792,8	7530,5	4,82	6,34	2,69	3,12	14,64	7,36	11,66
80	Шведскій	187,7	50,92	20,02	107400,0	806	8219,1	4,17	6,13	2,55	2,92	13,29	7,59	14,08
80	Голландскій	179,0	50,75	18,3	102884,0	792,4	7691,4	5,81	5,51	2,64	2,37	11,0	8,0	15,0
74	Смоленскъ	177,12	49,6	20,0	100685,6	804,9	7536,4	4,30	6,354	2,40	2,57	11,30	7,81	12,92
74	Пименъ	176,50	48,50	19,30	90681,4	730,3	7515,2	3,24	5,14	2,37	2,40	10,45	7,41	13,54
74	Нордъ Адлеръ (Англійскій)	176,10	48,50	18,60	95525,4	738,3	7401,9	4,50	6,49	2,76	1,45	6,91	7,10	12,90
74	Грагамъ (Англійскій)	176,15	47,50	19,24	101970,0	779,4	7420,4	5,81	7,83	2,88	2,61	12,76	7,60	12,19
74	Шведскій	179,4	49,50	19,46	96422,0	750,4	7708,2	3,96	6,01	2,52	2,82	12,76	7,30	13,83
74	Фрегатъ (Американскій)	215,0	53,36	20,41	131832,0	868,12	9704,3	3,16	5,48	2,40	3,28	14,45	8,98	14,76

ТАБЛИЦА № 26.

ЭЛЕМЕНТЫ ФРЕГАТОВЪ И БРИГОВЪ.

Рангъ	*Фрегаты:*	L.	B.	H.	D.	⊠	W.	n.	m.	ω.	a.	l+0	g.	e.	e—g.
60	Варна	170,86	43,82	17,52	65930	580,9	6161,2	1,98	3,09	4,64	4,64	17,71	6,23	12,35	6,12
52	Президентъ (Англійскій) . . .	173,25	44,6	17,85	70019	589,5	6363,5	2,18	2,85	4,66	4,77	19,96	6,53	12,22	5,69
46	Пенелопа	152,67	39,92	16,65	50839	505,6	5088,5	1,92	1,18	5,05	3,82	15,03	6,11	10,69	4,58
44	Марія	160,0	42,10	16,66	58263	527,3	5693,2	2,23	3,03	5,46	2,27	9,63	6,26	12,47	6,21
44	Поспѣшный	153,70	40,30	16,50	49670	478,7	5095,7	2,07	2,57	4,63	3,20	13,04	5,75	11,19	5,44
44	Шведскій	164,38	42,74	16,82	57772	514,6	5881,6	2,27	2,94	5,14	2,43	10,38	5,95	12,89	6,94
40	———	153,50	40,46	15,70	46877	448,5	5164,0	2,26	2,83	4,93	2,29	9,77	5,51	12,43	6,93
36	———	142,6	38,14	14,58	37434	386,8	4488,6	2,24	2,72	4,72	1,78	9,16	5,08	12,18	7,10
32	———	133,28	36,12	13,62	30434	337,6	3946,8	2,23	2,62	4,55	1,66	8,63	4,71	11,57	6,85
28	———	126,26	34,58	12,89	25778	302,7	3560,2	2,22	2,55	4,41	1,57	8,24	4,43	11,25	6,81
24	———	121,22	33,46	12,37	22753	278,9	3294,0	2,21	2,50	4,32	1,51	7,96	4,24	11,01	6,77
20	Фаворитъ (бригъ)	106,40	30,0	11,25	17100	223,2	2659,3	2,56	1,95	4,99	1,05	4,84	3,94	9,53	5,59
20	Меркурій (бригъ)	94,0	30,7	12,30	14984	257,7	2257,7	1,62	2,15	3,59	0,55	1,99	4,14	9,20	5,06
20	Шведскій	116,5	32,41	11,89	20162	257,5	3055,4	2,20	2,45	4,23	1,45	7,70	4,01	10,79	6,78
16	———	106,1	30,05	10,81	15118	213,17	2555,8	2,18	2,34	4,03	1,32	7,12	3,65	10,28	6,62
14	———	97,12	27,97	9,88	11500	178,08	2157,8	2,16	2,24	3,86	1,21	6,63	3,30	9,82	6,52
12	———	88,69	25,98	9,0	8685	148,07	1813,6	2,14	2,15	3,69	1,10	6,15	2,98	9,38	6,39
10	———	77,94	23,38	7,89	5816	113,75	1415,8	2,12	2,02	3,48	0,97	5,56	2,57	8,77	6,20
8	———	68,13	20,94	6,87	3824	86,35	1093,6	2,10	2,91	3,28	0,83	5,03	2,21	8,20	5,98

ТАБЛИЦА № 27.

ЭЛЕМЕНТЫ КОРСЕРОВЪ ИЛИ СУДОВЪ, НАЗНАЧАЕМЫХЪ ДЛЯ СКОРАГО ХОДА.

No судовъ.	Пушки: Въ закрытомъ декѣ.		Пушки: На верхней палубѣ.		Длина по палубѣ.	Ширина безъ обшивки при грузовой.	Водоизмѣщеніе.	$\int \frac{y^3}{3} \times dy$	Площадь грузовой ватерлиніи.	Площадь мидель-шпангоута.	Высота груз. ватерлиніи отъ верхн. кромки шпунта на миделѣ.	Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи.	Высота метацентра надъ грузовою ватерлиніею.	Отстояніе центра тяжести отъ средины къ носу.	Отстояніе мидель-шпангоута отъ средины къ носу.	Диферентъ.	Количество балласта въ куб. футахъ морской воды.	Центръ тяжести балласта ниже грузовой ватерлиніи.	Число людей.	Число мѣсяцевъ.	Моментъ парусности отъ грузовой ватерлиніи.	Высота портовъ отъ воды на миделѣ.	Количество, умноженное на водоизмѣщеніе и раздѣленное на длину = площади миделя.
	Число.	Калиб.	Число.	Калиб.	Фут.	Фут.	Кубич. фут.		Ква. фут.	Квадр. фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Кубич. фут.	Фут.				Фут.	
1	28	18	12	6	161,52	41,16	47170	558500	5086	452,5	15,40	5,84	6	1,61	8,10	1,66	4224	13,00	400	4,00	1955000	8, 50	1,548
2	26	18	10	6	155,65	39,82	42330	486200	4747	422,0	14,80	5,485	6	1,56	7,86	1,62	3705	12,34	381	4,00	1679100	7,—	1,552
3	26	12	10	4	142,38	36,74	31910	348100	3995	350,8	13,50	4,907	6	1,42	7,21	1,53	2861	10,89	312	3,52	1303800	6,50	1,565
4	24	12	8	4	138,24	35,78	29140	311600	3769	330,7	13,16	4,695	6	1,38	7,03	1,51	2616	10,45	296	3,43	1202400	6,—	1,568
5	24	8	8	3	126,75	33,10	22080	225400	3184	275,3	12,10	4,205	6	1,27	6,50	1,42	2020	9,26	244	3,10	938000	5,75	1,580
6	22	8	22	8	119,78	31,45	18430	182060	2853	244,3	11,40	3,878	6	1,20	6,17	1,37	1676	8,55	217	2,92	797700	5,50	1,588
7	—	—	22	6	112,60	29,75	15064	143350	2530	213,5	10,70	3,582	6	1,13	5,86	1,34	1395	7,84	188	2,71	665600	5,25	1,595
8	—	—	20	6	109,84	29,09	13907	131545	2411	202,5	10,40	3,459	6	1,10	5,70	1,30	1286	7,57	178	2,64	619525	5,—	1,600
9	—	—	18	6	106,94	28,40	12749	118970	2288	191,1	10,10	3,331	6	1,07	5,56	1,28	1183	7,29	168	2,56	573100	4,75	1,603
10	—	—	16	6	103,82	27,65	11577	106470	2160	179,2	9,80	3,197	6	1,04	5,41	1,25	1070	7,00	157	2,47	525600	4,50	1,607
11	—	—	14	6	100,46	26,84	10395	94130	2027	166,7	9,50	3,055	6	1,00	5,23	1,23	959	6,68	146	2,38	477100	4,25	1,612
12	—	—	12	6	96,76	25,96	9185	81780	1884	153,4	9,20	2,903	6	0,97	5,08	1,20	856	6,34	134	2,28	426855	4,—	1,616
13	—	—	10	6	92,70	24,97	7967	69620	1734	139,4	8,80	2,738	6	0,93	4,89	1,17	742	5,97	121	2,16	375600	3,75	1,622
14	—	—	8	6	88,01	23,83	6698	57300	1567	124,0	8,40	2,555	6	0,88	4,65	1,13	626	5,55	107	2,03	321268	3,50	1,629

ТАБЛИЦА № 28.

ЭЛЕМЕНТЫ КОММЕРЧЕСКИХЪ СУДОВЪ ПЕРВАГО РАЗРЯДА, ПОДЪ НАЗВАНІЕМЪ *фрегатовъ.*

No судовъ.	Грузъ въ ластахъ.	Водоизмѣщеніе.	Длина по палубѣ.	Ширина.	Площадь мидель-шпангоута.	Глубина при среднемъ=H.	Углубленіе: Старнпоста.	Углубленіе: Стема.	Вышина киля.	Площадь грузовой ватерлиніи.	Отстояніе центра тяжести отъ средины къ носу.	Отстояніе миделя отъ средины длины по палубѣ, къ носу.	Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи.	Разстояніе между метацентромъ и центромъ величины.	Разстояніе между метацентромъ и центромъ тяжести.	Моментъ остойчивости.	Высота гротъ-мачты въ отношеніи къ остойчивости: Выше центра тяжести.	Высота гротъ-мачты въ отношеніи къ остойчивости: Ниже центра тяжести.	Высота гротъ-мачты въ отношеніи къ остойчивости: Цѣлая длина.	Число людей.	Количество X на водоизмѣщеніе и раздѣленное на длину = площ. миделя.
		Кубич. фут.	Фут.	Фут.	Квадр. фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Квадр. фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.		Фут.	Фут.	Фут.		
1	500	85510	168,6	43,71	760,9	20,81	23,62	21,61	1,66	5853	2,37	12,04	8,253	10,072	3,883	332000	94,78	15,28	110,06	57	1,500
2	480	81890	166,1	43,21	739,5	20,51	23,30	21,31	1,65	5700	2,33	11,86	8,115	10,000	3,914	320300	93,68	15,06	108,74	55	
3	460	78280	163,6	42,69	717,9	20,20	22,97	21,00	1,64	5545	2,30	11,69	7,975	9,925	3,942	308600	92,52	14,85	107,37	52	
4	440	74680	161,1	42,16	694,4	19,89	22,63	20,71	1,63	5388	2,26	11,51	1,830	9,847	3,975	296850	91,31	14,62	105,93	50	
5	420	71090	158,5	41,61	673,8	19,57	22,29	20,37	1,62	5229	2,23	11,52	7,681	9,767	4,006	284820	90,04	14,36	104,40	47	
6	400	67520	155,8	41,04	651,3	19,23	21,92	20,03	1,61	5066	2,18	11,13	7,529	9,684	4,036	272520	88,74	14,15	102,89	45	1,504
7	380	63950	153,0	40,45	628,4	18,89	21,56	19,69	1,60	4900	2,05	10,93	7,371	9,596	4,067	260100	87,37	13,90	101,27	42	
8	360	60390	150,1	39,84	605,2	18,53	21,17	19,33	1,59	4732	2,10	10,72	7,209	9,505	4,099	247500	85,95	13,64	99,59	39	
9	340	56840	147,1	39,20	581,5	18,16	20,77	18,96	1,58	4560	2,07	10,51	7,041	9,409	4,128	234650	84,43	13,37	97,80	37	
10	320	53310	144,0	38,53	557,5	17,78	20,36	18,57	1,56	4384	2,03	10,29	6,868	9,309	4,157	221550	82,84	13,10	95,94	35	
11	300	49790	140,7	37,84	533,0	17,38	19,93	18,17	1,55	4205	1,98	10,05	6,688	9,204	4,187	208500	81,16	12,82	93,98	34	
12	280	46280	137,4	37,11	508,0	16,96	19,47	17,75	1,53	4022	1,93	9,81	6,500	9,092	4,217	195200	79,40	12,52	91,92	32	1,508
13	260	42790	133,8	36,34	482,3	16,52	19,00	17,31	1,52	3833	1,88	9,56	6,305	8,975	4,245	181640	77,51	12,19	89,70	30	
14	240	39310	130,1	35,53	456,2	16,06	18,50	16,86	1,50	3640	1,82	9,29	6,101	8,848	4,273	167990	75,53	11,87	87,40	28	
15	220	35850	126,1	34,66	429,6	15,57	17,98	16,36	1,48	3442	1,77	9,01	5,886	8,713	4,299	154100	73,38	11,51	84,89	27	
16	200	32410	122,0	33,75	401,7	15,06	17,42	15,83	1,46	3234	1,72	8,71	5,659	8,568	4,324	140120	71,10	11,14	82,24	25	
17	180	28990	117,5	32,75	373,3	14,51	16,82	15,29	1,44	3022	1,65	8,39	5,419	8,410	4,346	125960	68,62	10,74	79,36	23	
18	160	25590	112,7	31,68	343,9	13,92	16,18	14,70	1,42	2799	1,58	8,05	5,162	8,237	4,365	111710	65,92	10,51	76,23	21	1,510
19	140	22220	107,5	30,50	315,5	13,28	15,49	14,05	1,39	2568	1,51	7,68	4,886	8,045	4,381	97330	62,96	9,85	72,81	19	
20	120	18870	101,8	29,21	281,4	12,57	14,72	13,35	1,36	2324	1.43	7,27	4,586	7,830	4,391	82850	59,67	9,34	69,01	17	
21	100	15557	95,5	27,75	247,8	11,79	13,87	12,56	1,33	2066	1,34	6,82	4,254	7,582	4,391	68202	55,95	8,77	64,72	15	
22	90	13915	92,0	26,93	230,3	11,36	13,40	12,12	1,31	1929	1,30	6,57	4,075	7,425	4,388	61052	53,89	8,45	62,34	13	
23	80	12283	88,3	26,05	212,1	10,90	12,90	11,66	1,28	1790	1,24	6,31	3,881	7,289	4,380	53795	51,67	8,12	59,79	12	
24	70	10664	84,2	25,08	193,2	10,40	12,34	11,15	1,26	1640	1,17	6,01	3,673	7,119	4,366	46555	49,24	7,75	56,99	11	1,525
25	60	9058	79,7	24,02	173,6	9,85	11,73	10,59	1,23	1484	1,11	5,69	3,447	6,928	4,344	39340	46,55	7,35	53,90	10	
26	50	7468	74,8	22,81	152,8	9,23	11,06	9,97	1,20	1318	1,05	5,34	3,198	6,709	4,311	32190	43,55	6,90	50,45	9	
27	40	5896	69,1	21,42	130,8	8,53	10,29	9,26	1,16	1141	0,97	4,94	2,917	6,450	4,265	25140	40,09	6,38	46,47	7	
28	30	4348	62,4	19,79	107,1	7,71	9,37	8,41	1,12	947	0,88	4,46	2,591	6,130	4,186	18200	36,00	5,79	41,79	6	
29	20	2830	54,1	17,61	80,7	6,68	8,23	7,37	1,06	729	0,70	3,86	2,193	5,707	4,061	11494	30,89	5,03	35,92	4	
30	10	1359	42,4	14,48	49,8	5,23	6,60	5,88	0,96	465	0,60	3,03	1,648	5,050	3,814	5182	23,69	3,95	27,64	3	1,553

ТАБЛИЦА № 29.

ЭЛЕМЕНТЫ КОММЕРЧЕСКИХЪ СУДОВЪ ВТОРАГО РАЗРЯДА, ПОДЪ НАЗВАНІЕМЪ *Гекботы* или *Пинки.*

No судовъ.	Грузъ въ ластахъ.	Водоизмѣщеніе.	Длина по палубѣ.	Ширина.	Площадь мидель-шпангоута.	Глубина при срединѣ	Углубленіе:		Высота киля.	Площадь грузовой ватерлиніи.	Отстояніе центра тяжести отъ средины къ носу.	Отстояніе мидель-шпангоута отъ средины къ носу.	Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи.	Отстояніе метацентра отъ центра величины.	Разстояніе между метацентромъ и центромъ тяжести.	Моментъ остойчивости.	Количество, умноженное на водоизмѣщеніе и раздѣленное на длину = площади мидел.
							Старнотна.	Стема.									
4	440	69940	155,7	39,71	644,1	18,97	21,46	19,81	1,54	5093	2,20	11,97	7,605	8,576	3,171	221720	1,434
5	420	66600	153,2	39,20	623,8	18,67	21,14	19,60	1,53	4943	2,15	11,78	7,463	8,502	3,202	213220	
6	400	63260	150,6	38,69	603,2	18,56	20,80	19,19	1,51	4790	2,11	11,58	7,316	8,426	3,228	204230	
7	380	59940	147,9	38,10	580,9	18,03	20,46	18,86	1,50	4634	2,07	11,37	7,165	8,347	3,257	195200	
8	360	56620	145,1	37,54	561,0	17,70	20,10	18,52	1,49	4474	2,03	11,16	7,009	8,264	3,284	185940	
9	340	53310	142,3	36,94	539,3	17,35	19,73	18,17	1,48	4312	2,00	10,94	6,848	8,178	3,312	176610	
10	320	50020	139,3	36,32	517,2	17,00	19,35	17,81	1,46	4146	1,95	10,71	6,682	8,087	3,339	167020	1,440
11	300	46740	136,1	35,66	494,7	16,62	18,94	17,43	1,45	3976	1,91	10,47	6,509	7,991	3,367	157370	
12	280	43460	132,9	34,97	471,8	16,23	18,52	17,04	1,44	3804	1,87	10,22	6,329	7,890	3,394	147500	
13	260	40200	129,5	34,26	448,3	15,82	18,08	16,62	1,42	3625	1,82	9,96	6,132	7,783	3,428	137810	
14	240	36950	125,9	33,49	424,3	15,39	17,62	16,19	1,40	3442	1,76	9,68	5,944	7,669	3,447	126780	
15	220	33720	122,1	32,69	399,6	14,93	17,13	15,72	1,38	3255	1,71	9,39	5,738	7,547	3,472	117070	1,447
16	200	30500	118,1	31,82	374,2	14,45	16,61	15,24	1,36	3059	1,66	9,08	5,552	7,416	3,495	106610	
17	180	27300	113,8	30,90	348,0	13,94	16,05	14,71	1,34	2859	1,60	8,75	5,289	7,273	3,519	96030	
18	160	24120	109,2	29,89	320,9	13,38	15,45	14,15	1,32	2649	1,53	8,40	5,041	7,118	3,536	85262	
19	140	20950	104,2	28,79	292,7	12,78	14,80	13,54	1,29	2430	1,46	8,01	4,775	6,986	3,555	74480	
20	120	17810	98,7	27,57	263,2	12,12	14,08	12,86	1,26	2199	1,39	7,59	4,485	6,750	3,564	79950	1,458
21	100	14703	92,6	26,20	232,1	11,38	13,28	12,11	1,23	1955	1,30	7,12	4,168	6,527	3,567	52450	
22	90	13159	89,2	25,44	215,9	10,97	12,84	11,70	1,21	1827	1,25	6,86	3,990	6,401	3,569	46960	
23	80	11625	85,6	24,60	199,1	10,53	12,36	11,25	1,19	1692	1,20	6,58	3,804	6,264	3,564	41430	
24	70	10101	81,7	23,70	181,5	10,03	11,81	10,74	1,17	1551	1,15	6,28	3,603	6,112	3,553	35890	
25	60	8588	77,4	22,69	163,3	9,54	11,28	10,24	1,14	1405	1,08	5,95	3,384	5,941	3,539	28070	1,471
26	50	7088	72,6	21,57	144,0	8,56	10,64	9,64	1,11	1249	1,02	5,58	3,135	5,745	3,514	24910	
27	40	5605	67,1	20,25	123,5	8,29	9,91	8,96	1,07	1081	0,95	5,16	2,870	5,514	3,475	19475	
28	30	4141	60,6	18,68	101,3	7,51	9,05	8,16	1,03	898	0,87	4,66	2,553	5,228	3,415	14141	
29	20	2702	52,6	16,67	76,6	6,53	7,96	7,15	0,97	690	0,77	4,04	2,166	4,852	3,316	8958	
30	10	1302	41,3	13,72	47,5	5,14	6,40	5,72	0,87	441	0,70	3,17	1,634	4,271	3,113	4034	1,506

ТАБЛИЦА № 30.

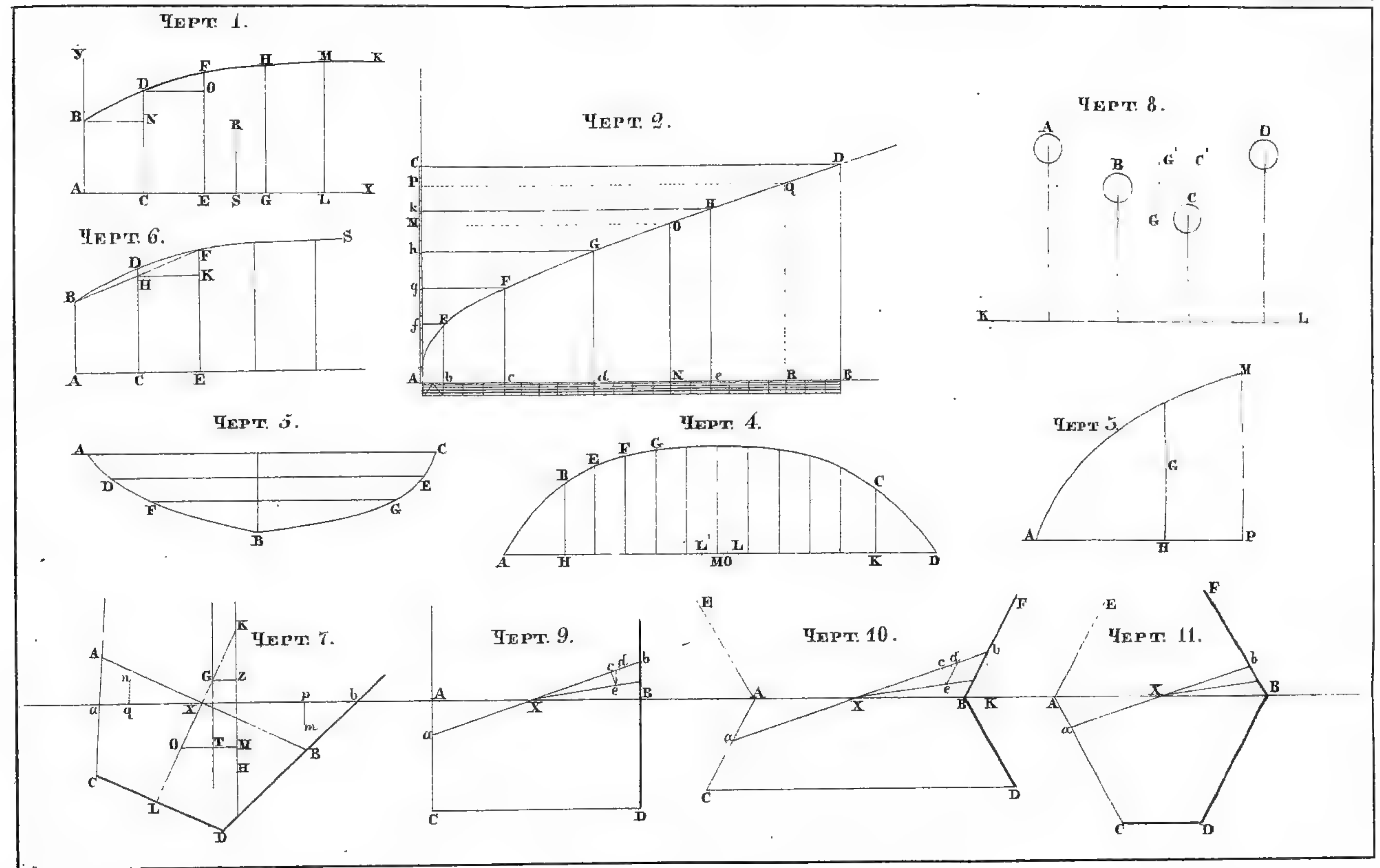
ЭЛЕМЕНТЫ КОММЕРЧЕСКИХЪ СУДОВЪ ТРЕТЬЯГО РАЗРЯДА, ПОДЪ НАЗВАНІЕМЪ *Фрегатовъ*.

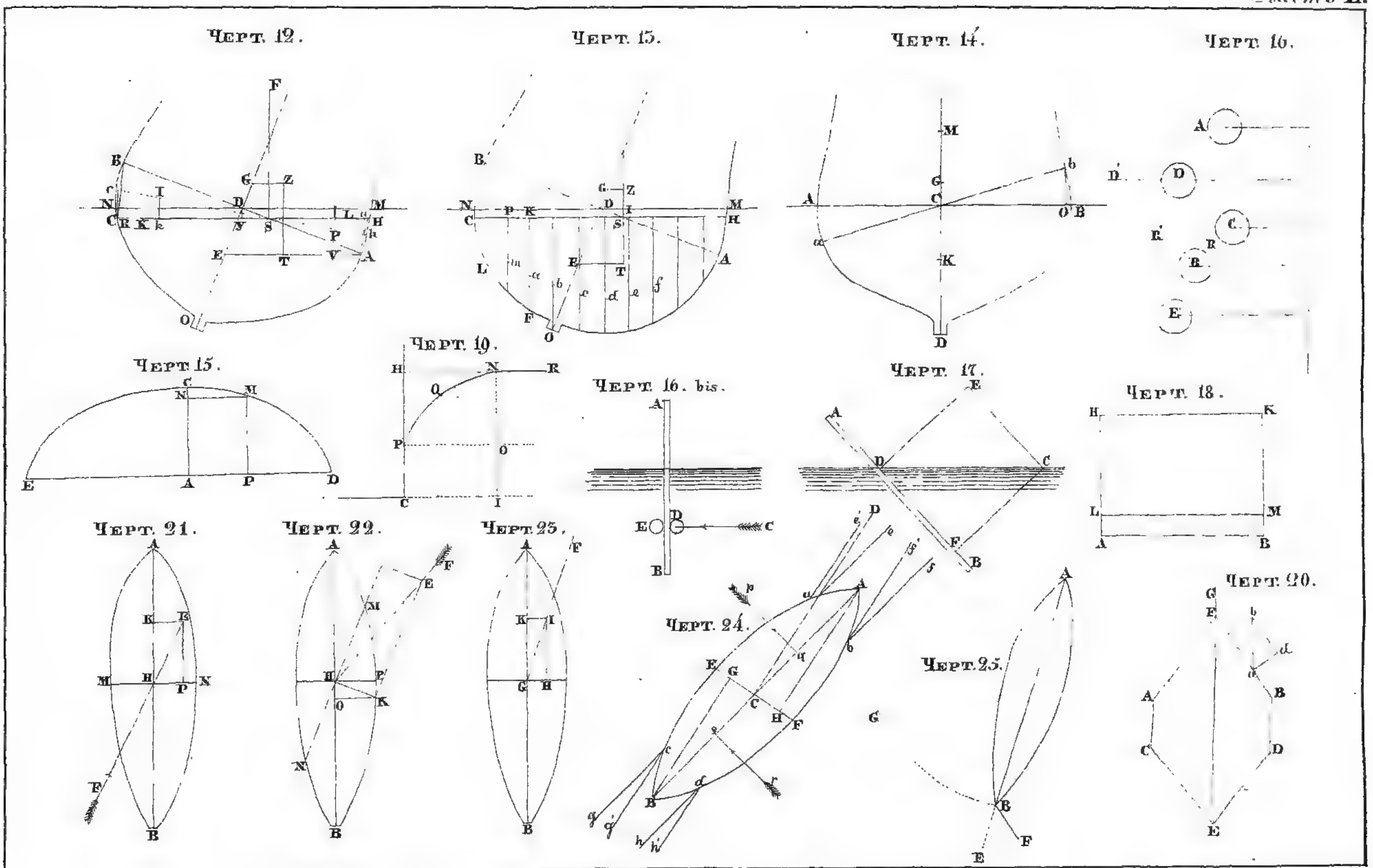
No судовъ.	Грузъ въ ластахъ.	Водоизмѣщеніе.	Длина по палубѣ.	Ширина.	Площадь мидель-шпангоута.	Глубина при срединѣ=H.	Углубленіе: Старнпоста.	Углубленіе: Стема.	Вышина киля.	Площадь грузовой ватерлиніи.	Отстояніе центра тяжести отъ средины къ носу.	Отстояніе миделя отъ средины длины по палубѣ, къ носу.	Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи.	Разстояніе между метацентромъ и центромъ величины.	Разстояніе между метацентромъ и центромъ тяжести.	Моментъ остойчивости.	Высота гротъ-мачты въ отношеніи къ остойчивости: Выше центра тяжести.	Высота гротъ-мачты: Ниже центра тяжести.	Высота гротъ-мачты: Цѣлая длина.	Число людей.	Количество × на водоизмѣщеніе и раздѣленное на длину = площ. мидел.
		Кубич. фут.	Фут.	Фут.	Квадр. фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Квадр. фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.		Фут.	Фут.	Фут.		
7	380	56880	143,5	36,02	544,1	17,30	19,58	18,12	1,43	4432	2;15	11,96	6,999	7,153	2,474	140700	74,54	12;07	86,61	27	1,390
8	360	53750	140,9	35,48	524,4	16,99	19,24	17,80.	1,41	4280	2,10	11,73	6,849	7,080	2,502	134400	73,41	11,88	85;29	26	
9	340	50620	138,1	34,91	504,4	16,66	18,89	17,47	1,40	4126	2,07	11,50	6,693	7,002	2,528	127980	72,21	11,65	83,86	25	
10	320	47510	135,2	34,33	484,0	16,32	18,52	17,12	1,38	3968	2,03	11,26	6,517	6,921	2,556	121440	70,95	11,43	82,38	24	
11	300	44400	132,2	33,70	463,2	15,97	18,15	16,77	1,37	3802	1,98	11,01	6,366	6,836	2,583	114690	69,61	11,19	80,80	23	
12	280	41300	129,0	33,07	441,9	15,60	17,75	16,39	1,35	3636	1,92	10,75	6,191	6,746	2,609	107780	68,20	10,94	79,14	22	
13	260	38230	125,7	32,39	420,2	15,22	17,33	16,00	1,33	3468	1,88	10,47	6,010	6,650	2,637	100810	66,69	10,69	77,38	20	
14	240	35140	122,3	31,68	397,2	14,71	16,89	15,58	1,32	3295	1,83	10,19	5,820	6,549	2,662	93570	65,05	10,41	75,46	19	
15	220	32080	118,6	30,92	375,0	14,38	16,42	15,14	1,30	3113	1,78	9,88	5,620	6,441	2,688	86230	63;30	10,12	73,42	18	
16	200	29350	115,1	30,19	353,9	13,98	16,00	14,73	1,28	2938	1,73	9;59	5,432	6,336	2,711	79590	61,63	9,87	71;50	17	
17	180	26000	110,6	29,23	327,1	13,44	15,41	14,18	1,25	2737	1,66	9,21	5,185	6,197	2,738	71180	59,38	9,48	68,86	16	
18	160	22980	106,1	28,28	301,9	12,92	14,84	13,65	1,23	2540	1,59	8,84	4,946	6;058	2,761	63460	57,15	9,12	66;27	14	1,400
19	140	19983	101,3	27,25	275,6	12,35	14,22	13,07	1,20	2321	1,51	8;44	4,687	5,905	2,778	55520	54,66	8,73	63,39	13	
20	120	17002	96,0	26,10	248,1	11,72	13,54	12,42	1,17	2105	1,44	7,99	4,406	5,733	2,797	47550	51,91	8,31	60,22	12	
21	100	14046	90,1	24,81	219,2	11,02	12,78	11,71	1,13	1870	1,35	7,50	4,095	5,735	2,808	39440	48,77	7;83	56,60	11	
22	90	12579	86,8	24,09	204,0	10,64	13,35	11,31	1,11	1747	1,30	7,23	3,925	5,412	2,809	35340	47,02	7,56	54,58	9	
23	80	11155	83,4	23,33	188,7	10,23	11,91	10,90	1,09	1623	1,25	6,95	3,748	5,307	2,811	31360	45,18	7,28	52,46	8	
24	70	9667	79,5	22,45	171,9	9,77	11,49	10,42	1,06	1486	1,20	6,62	3,549	5,169	2,806	27130	43,05	6,96	50,01	8	1,413
25	60	8225	75,3	21,51	154,8	9,28	10,86	9,91	1,03	1345	1,13	6,28	3,335	5,018	2,799	23020	40,76	6,63	47,39	7	
26	50	6795	70,7	20,44	136,7	8,72	10,25	9,35	1,00	1195	1,06	5;89	3,100	4,846	2,784	18920	38,22	6,24	44,46	6	
27	40	5378	65,4	19,20	117,4	8,09	9,56	8,69	0,96	1034	1,00	5,45	2,834	4,642	2,759	14842	35,21	5,80	41,01	6	
28	30	3979	59,1	17,72	96,5	7,34	8,73	7,92	0,92	859	0,90	4;93	2,525	4,393	2,715	10806	31,68	5,28	36,96	4	
29	20	2602	51,3	15,82	73,3	6,40	7,68	6;95	0,85	661	0,80	4,28	2,145	4,064	2,641	6871	27,24	4,62	31,86	3	
30	10	1258	40,3	13,04	45,7	5,07	6,19	5;56	0,76	424	0,70	3,35	1,624	3;557,	2,483	3125	20,95	3,69	24,64	3	1,464

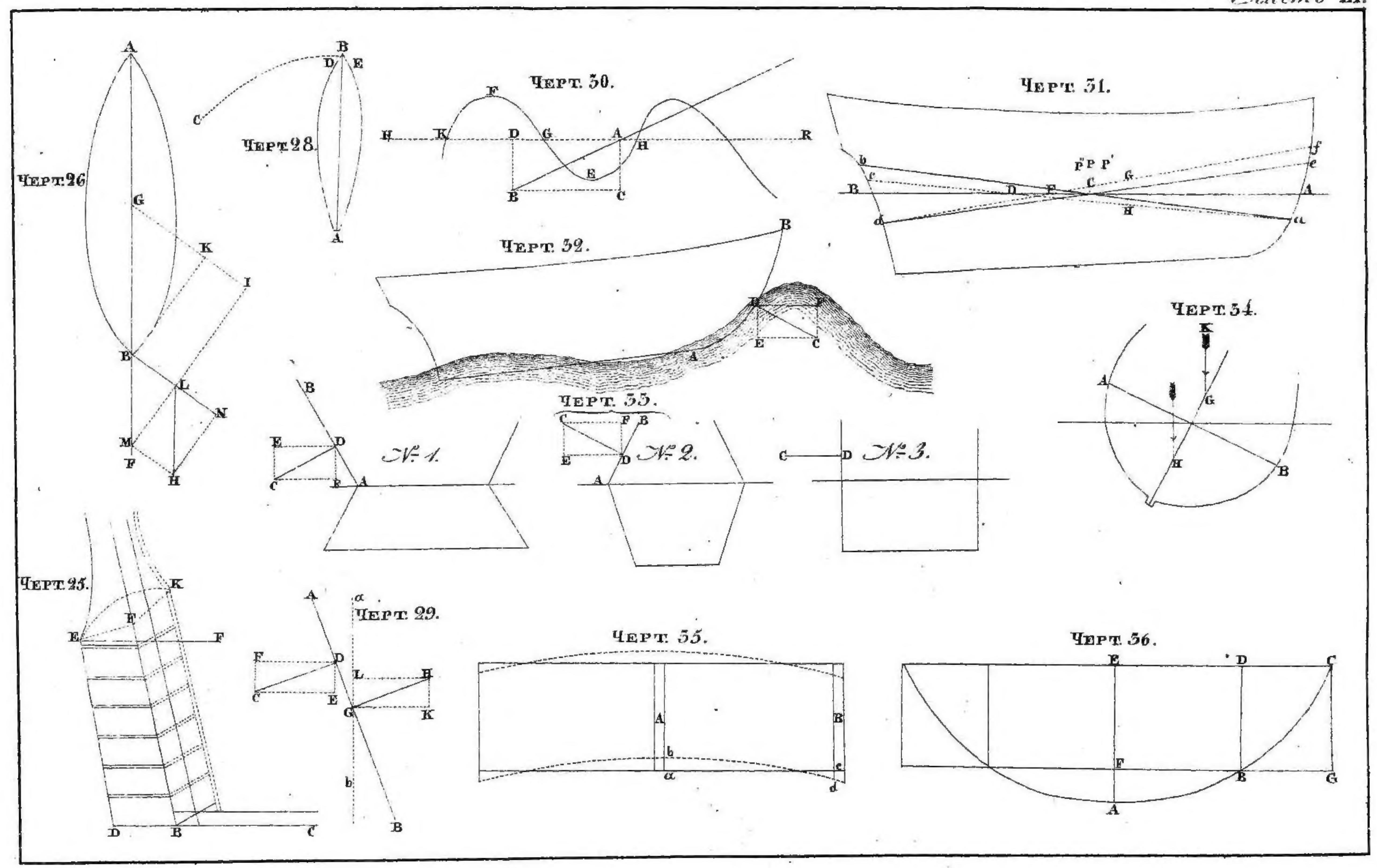
ТАБЛИЦА № 31.

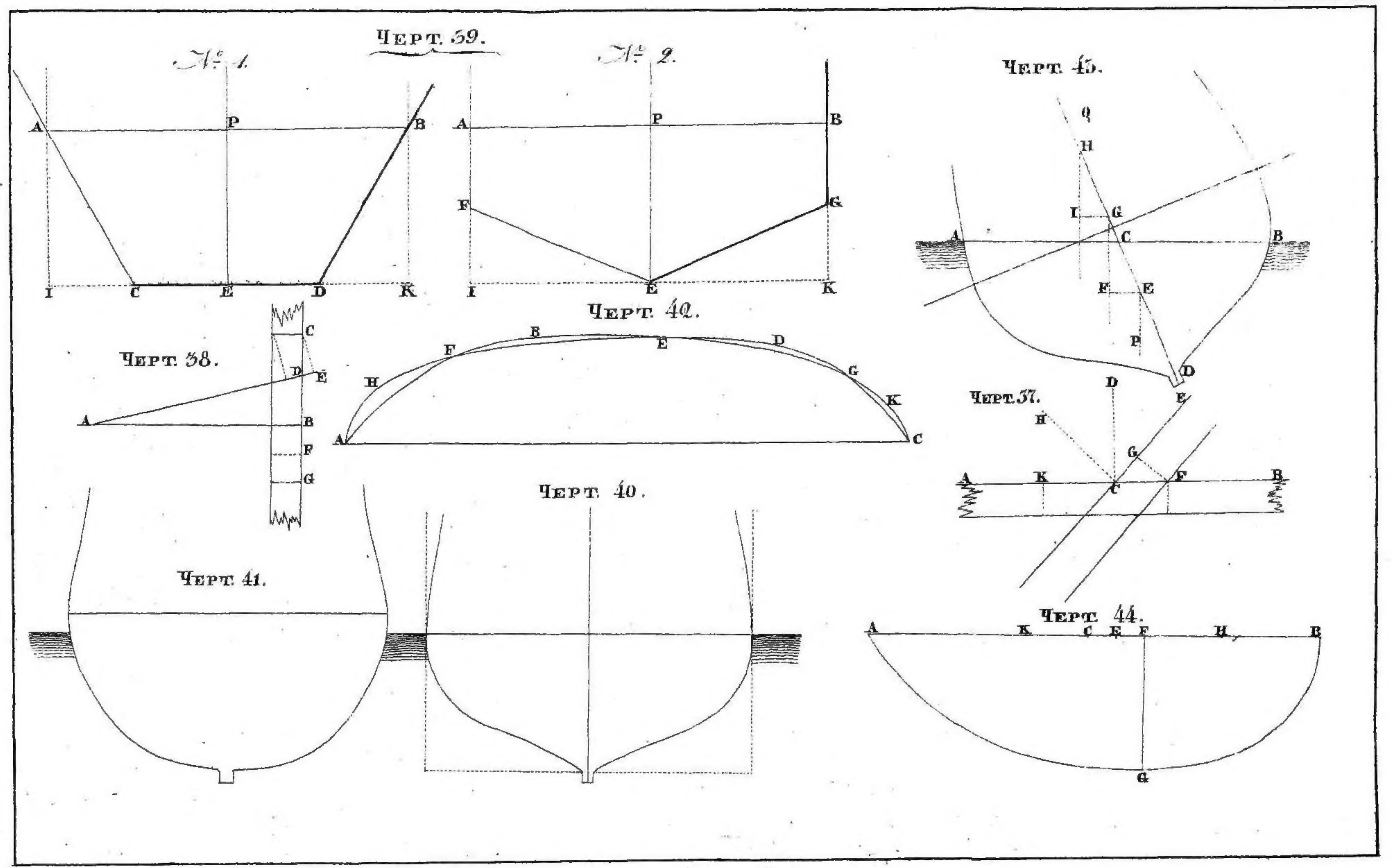
ЭЛЕМЕНТЫ КОММЕРЧЕСКИХЪ СУДОВЪ ПЛОСКОДОННЫХЪ СЪ МАЛЫМЪ ВОДОИЗМѢЩЕНІЕМЪ.

No судовъ.	Грузъ въ ластахъ.	Водоизмѣщеніе.	Длина по палубѣ.	Ширина.	Площадь мидель-шпангоута.	Глубина при средииѣ=Н.	*Углубленіе:* Старнпоста.	Стема.	Вышина киля.	Площадь грузовой ватерлиніи.	Отстояніе центра тяжести отъ средины къ носу.	Отстояніе мидель отъ средины длины по палубѣ, къ носу.	Отстояніе центра величины отъ грузовой ватерлиніи.	Разстояніе между метацентромъ и центромъ величины.	Разстояніе между метацентромъ и центромъ тяжести.	Моментъ остойчивости.	*Высота гротъ-мачты въ отношеніи къ остойчивости:* Выше центра тяжести.	Ниже центра тяжести.	Цѣлая длина.	Количество × на водоизмѣщеніе и раздѣленное на длину=площ. миделя.
		Кубич. фут.	Фут.	Фут.	Квадр. фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Квадр. фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.	Фут.		Фут.	Фут.	Фут.	
10	320	44400	140,9	32,74	405,4	13,35	15,21	14,08	1,21	3908	2,12	10,84	5,419	8,852	4,514	200400	83,64	9,55	93,19	1,280
11	300	41500	137,8	32,15	386,6	13,08	14,92	13,81	1,20	3749	2,07	10,59	5,298	8,752	4,511	187200	81,76	9,36	91,12	
12	280	38080	134,5	31,54	369,3	12,80	14,61	13,52	1,18	3588	2,05	10,34	5,172	8,648	4,505	173900	79,79	9,17	88,96	
13	260	35720	131,0	30,89	351,5	12,50	14,29	13,22	1,17	3421	1,96	10,08	5,040	8,537	4,501	160790	77,73	8,96	86,69	
14	240	32840	127,4	30,21	333,4	12,19	13,96	12,99	1,15	5250	1,91	9,80	4,901	8,418	4,495	147660	75,56	8,75	84,31	
15	220	29990	123,6	29,48	314,7	11,86	13,60	12,57	1,13	3074	1,85	9,51	4,755	8,291	4,486	134520	73,24	8,52	81,76	1,300
16	200	27140	119,6	28,70	295,4	11,51	13,22	12,21	1,12	2891	1,80	9,19	4,599	8,154	4,474	121400	70,76	8,36	79,12	
17	180	24300	115,2	27,88	275,4	11,14	12,81	11,82	1,09	2703	1,74	8,86	4,443	8,005	4,458	108340	68,13	8,01	76,14	
18	160	21480	110,6	26,97	254,7	10,73	12,36	11,40	1,07	2506	1,67	8,51	4,255	7,843	4,437	95300	65,29	7,73	73,02	
19	140	18670	105,6	25,99	233,1	10,29	11,88	10,95	1,05	2302	1,59	8,12	4,060	7,662	4,412	82400	62,20	7,42	69,62	
20	120	15900	100,1	24,90	210,6	9,81	11,35	10,45	1,02	2086	1,50	7,69	3,849	7,460	4,360	69360	58,81	7,09	65,90	1,325
21	100	13130	93,9	23,65	186,5	9,26	10,75	9,89	0,99	1855	1,41	7,22	3,610	7,225	4,336	56910	54,98	6,71	61,69	
22	90	11756	90,5	22,97	173,9	8,96	10,41	9,57	0,97	1734	1,36	6,97	3,480	7,093	4,308	50640	52,89	6,50	59,39	
23	80	10391	86,8	22,23	160,8	8,63	10,05	9,23	0,95	1609	1,31	6,68	3,339	6,949	4,277	44440	50,62	6,27	56,89	
24	70	9034	82,9	21,41	147,1	8,28	9,66	8,88	0,93	1476	1,24	6,37	3,187	6,788	4,237	38280	48,17	6,02	54,19	
25	60	7687	78,5	20,51	132,8	7,89	9,23	8,46	0,90	1338	1,18	6,04	3,020	6,608	4,190	32220	45,48	5,79	51,27	1,356
26	50	6350	73,7	19,48	117,7	7,45	8,75	8,01	0,87	1190	1,11	5,66	2,834	6,401	4,132	26240	42,49	5,44	47,93	
27	40	5027	68,2	18,31	101,5	6,94	8,18	7,49	0,84	1038	1,02	5,24	2,622	6,157	4,062	20420	39,05	5,07	44,12	
28	30	3719	61,6	16,90	83,9	6,34	7,52	6,88	0,80	850	0,93	4,74	2,371	5,855	3,960	14727	35,02	4,65	39,67	
29	20	2432	53,5	15,02	64,1	5,58	6,67	6,08	0,75	658	0,80	4,11	2,058	5,455	3,806	9256	30,01	4,11	34,12	1,442
30	10	1176	42,0	12,43	40,4	4,49	5,44	4,94	0,66	424	0,63	3,23	1,616	4,833	3,544	4170	23,00	3,35	26,33	


Черт. 1.
Черт. 2.
Черт. 3.
Черт. 4.
Черт. 5.
Черт. 6.
Черт. 7.
Черт. 8.
Черт. 9.
Черт. 10.
Черт. 11.


Черт. 12.
Черт. 13.
Черт. 14.
Черт. 16.
Черт. 15.
Черт. 19.
Черт. 16. bis.
Черт. 17.
Черт. 18.
Черт. 21.
Черт. 22.
Черт. 23.
Черт. 24.
Черт. 25.
Черт. 20.


Черт. 26.
Черт. 28.
Черт. 30.
Черт. 31.
Черт. 32.
Черт. 33.
№ 1.
№ 2.
№ 3.
Черт. 34.
Черт. 25.
Черт. 29.
Черт. 35.
Черт. 36.



Черт. 39.
№ 1.
№ 2.
A
P
B
I
C
E
D
K
F
G
Черт. 45.
Q
H
I
G
A
C
B
F
E
P
D
E
Черт. 38.
C
D
E
A
B
F
G
Черт. 42.
B
F
E
D
H
G
K
A
C
Черт. 37.
D
E
H
G
A
K
C
F
B
Черт. 41.
Черт. 40.
Черт. 44.
A
K
C
E
F
H
B
G

Черт. 46.

G, C, f, g, h, M, L, K, O, P, A, N, E, m, n, o, p, q, F

Углы съ EG.

Черт. 45.

C, e, f, g, h, H, A, a, b, c, d, B

Масштабъ къ Черт. 47 и 48.

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Для прогрессіи одной кривизны. Черт. 47.

Для прогрессіи съ перегибомъ. Черт. 48

Отношенія

Углы 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 25 30 35 40 45 50

ЧЕРТ. 53.

ЧЕРТ. 54.

ЧЕРТ. 49.

ЧЕРТ. 50.

ЧЕРТ. 51.

ЧЕРТ. 52.

къ Черт. 52.